

Inventario de Emisiones a la Atmósfera



Zona Metropolitana del Valle de México 2000

Secretaría del Medio Ambiente



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
México, la Ciudad de la Esperanza

El inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2000, presenta en este documento un análisis detallado de los agentes contaminantes emitidos a la atmósfera, fortaleciendo y proporcionando una plataforma que coadyuve y sirva de herramienta para la toma de desiciones y para establecer políticas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud de los habitantes de esta metrópoli.



CONTENIDO

	Página
PRESENTACIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN	5
2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	11
2.1 Zona de Estudio	13
2.2 Características físico-atmosféricas del Valle de México	15
2.3 Aspectos Socioeconómicos	19
2.4 Consumo energético	22
3. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	27
3.1 Distribución horaria y espacial de las emisiones	30
3.2 Emisiones anuales	36
3.3 Emisiones por contaminante	40
3.4 Emisiones por entidad	46
4. EMISIONES POR SECTOR	65
4.1 Fuentes puntuales	67
4.2 Fuentes de área	93
4.3 Fuentes móviles	117
4.4 Fuentes naturales	133
4.5 Gases de efecto invernadero	149
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	153
5.1 Conclusiones	155
5.2 Recomendaciones	161
6. BIBLIOGRAFÍA	163
ANEXO A. MEMORIAS DE CÁLCULO	A-1
ANEXO B. EVOLUCIÓN DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES 1994,1996 y 1998	B-1
ANEXO C. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL INVENTARIO 1998 ZMVM	C-1

DIRECTORIO

ANDRÉS MANUEL LÓPEZ OBRADOR
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

CLAUDIA SHEINBAUM PARDO
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

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

COORDINADORES

Jorge Sarmiento Rentarúa
Director de Inventario y Modelación de Emisiones

Ma. Cristina Ruiz Ramírez
Subdirectora de Política de Establecimientos

Saúl Rodríguez Rivera
Subdirector de Inventario de Emisiones

INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Alfredo Alfonso Soler
Bibiana Valdez Avendaño
Fredy Hernández Ramírez
José Luis Sagú Gonzáles
Juan Carlos Enciso Ibarra
Ma. Magdalena Armenta Martínez
Miguel Ángel Flores Román
Rogelio Jiménez Olivero
Rodrigo Perrusquía Máximo
Patricia Camacho Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el esfuerzo conjunto de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y del apoyo brindado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal y de la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a todas las instituciones por sus valiosas aportaciones de información para elaborar y actualizar el inventario de emisiones: Secretaría de Transporte y Vialidad - Dirección General de planeación y Vialidad; Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Delegación Distrito Federal - Centro de Estadística Agropecuaria; Secretaria de Ecología del Estado de México - Dirección de Diagnóstico Ambiental; Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal - Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural; Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales - Delegación Estado de México; Secretaria de Energía - Dirección de Enlace, Estadística y Asuntos Especiales de la Dirección General de Gas LP de la Secretaria de Energía; PEMEX Refinación - Gerencia de Comercialización de Gas LP en la ZMVM / Subgerencia de Operación y Mantenimiento / Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial; Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática - Dirección General de Difusión – Dirección de Atención a Usuarios y Comercialización / INEGI-DF-Subdirección de Estadística Regional; Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica - Dirección de Apoyo; Dirección General del Heroico Cuerpo de Bomberos; Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal; Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V. - Subdirección de Transporte; Aeropuertos y Servicios Auxiliares - Dirección General Adjunta de Finanzas y Operación – Subdirección de Operaciones ASA / Gerencia de Informática y Estadística de ASA; Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México AICM - Gerencia de Sistemas - Comunicaciones e Información de la Subdirección de Finanzas y Administración; Cámara Nacional de la Industria de Baños y Balnearios (CANAIBAL); Cámara Nacional de la Industria de Artes Gráficas (CANAGRAF); Red de Transporte Público del Gobierno del Distrito Federal.

Quisiéramos hacer una mención particular a todas las personas que se unieron al esfuerzo de enriquecer el inventario de emisiones con sus valiosas sugerencias y comentarios, y en especial reconocer la labor de:

Dra. Luisa T. Molina y Dr. Mario J. Molina, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, U.S.A.

Lic. Humberto Ortiz Wétzel, Director General de Control de la Contaminación Atmosférica, Secretaria de Ecología del Gobierno del Estado de México.

Dr. Adrián Fernández Bremauntz.- Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, regional y Global, Instituto Nacional de Ecología.

Ing. Sergio Sánchez Martínez.- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, SEMARNAT.

Ing. Erik Velasco, Laboratory for Atmospheric Research of Washington State University
Dept. of Civil and Environ. Engineering.

Ing. Víctor Javier Gutiérrez Avedoy, Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, INE / UAM.

Dra. Elizabeth Vega Rangel, Instituto Mexicano del Petróleo, Centro Gestor de Estudios Ambientales.

Dra. Maria Esther Ruiz Santoyo, Instituto Mexicano del Petróleo, PIMAS.

M. I. Oscar Vázquez Martínez, Secretaria del Medio Ambiente.

PRESENTACIÓN

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la frecuencia con la que se exceden las normas de protección a la salud, han llevado a buscar indicadores de la calidad del aire e instrumentos de gestión que permitan planear estrategias para mejorar el medio ambiente. Para tal fin, es útil contar con el inventario de emisiones a la atmósfera.

El desarrollo de los inventarios de emisiones dentro de la ZMVM, ha permitido cuantificar las emisiones en fuentes de jurisdicción local y federal, tanto del Estado de México como del Distrito Federal. En este contexto, desde el año de 1989, las autoridades ambientales, que convergen en la metrópoli con la finalidad de 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 aquellas con mayor emisión de contaminantes al aire para dar prioridad a su control.

El inventario de emisiones de la 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, buscando siempre aumentar el grado de exactitud 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 que se instrumentan en la zona metropolitana para mejorar la calidad del aire, disminuyendo así las emisiones de contaminantes.

El presente documento, se dirige a las autoridades ambientales encargadas de coordinar la gestión de la calidad del aire, así como a los investigadores y profesionistas dedicados a la generación de estrategias y proyectos orientados a su mejoramiento y finalmente a la ciudadanía en general, cumpliendo con la función primordial de los gobiernos convergentes de la metrópoli que es, el de mantener informada a la población sobre la calidad del aire de la región en que habitan.

Es importante mencionar que con el propósito de reducir el grado de incertidumbre de las estimaciones del presente inventario, se tomaron en cuenta las recomendaciones hechas por el Doctor Mario Molina Pasquel y su grupo de investigadores¹ y las sugerencias de la compañía Eastern Research Group Inc.², que fueron los encargados de realizar la evaluación de las metodologías y resultados del inventario de emisiones del año 1998; se aplicaron procedimientos más rigurosos de aseguramiento y control de la calidad, tanto en la selección y evaluación de la información como en la estimación de las emisiones. Se incorpora por primera vez, además de las emisiones de los contaminantes criterio (PM₁₀, CO, NO_x y SO₂) las emisiones de PM_{2.5}, COT, COV, NH₃ y CH₄. Al mismo tiempo se presenta el inventario espaciado y en forma temporal (horario) para que pueda utilizarse como insumo básico en la aplicación del modelo de calidad del aire "*Multiscale Climate Chemistry Model-MCCM*".

Su contenido está estructurado, en primer lugar por una introducción, en la cual se relata brevemente la historia del desarrollo de los inventarios de emisiones de la ZMVM; el capítulo 2, incluye los aspectos generales de la ZMVM, describe el área geográfica que cubre el inventario, detallando las principales características fisiográficas, climáticas y socioeconómicas de la zona, presentando un análisis del consumo energético; en el capítulo 3, se reporta el inventario de emisiones del año 2000, aquí se incluye la distribución horaria y espacial de las emisiones totales, así como las emisiones por contaminante y por entidad; posteriormente el capítulo 4, detalla las emisiones generadas por sector o fuente emisora; finalmente se incluye un apartado de conclusiones y recomendaciones; anexando

¹ Análisis y Diagnóstico del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México. M.J. Molina, L.T. Molina, G. Sosa, J. Gasca y J. West. Instituto Tecnológico de Massachusetts. Agosto 2000.

² Evaluation of the 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico. Prepared for Western Governors' Association. Denver, Colorado. May 7, 2003.

las memorias de cálculo por sector, las recomendaciones hechas al Inventario del año 1998, y tomadas en cuenta para la elaboración del presente, así como también un recálculo de los inventarios de emisiones de los años 1994, 1996 y 1998.

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

1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

En 1972, a la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, se reportaba que la contaminación atmosférica en el Valle de México estaba constituida por la emisión derivada de alrededor de 2 millones de vehículos automotores y de la operación dentro de la cuenca de aproximadamente 32,000 establecimientos industriales. En este período se calculaba que los vehículos automotores eran responsables del 70% de la contaminación, mientras que a las fuentes estacionarias o industriales correspondía alrededor del 25% y el restante 5% como resultado de las fuentes naturales (principalmente tolvánicas)¹

La Secretaría de Salubridad y Asistencia reportaba entonces una distribución de cargas contaminantes en el valle de 201,744 toneladas de bióxido de azufre que se incrementaron para el año de 1976 a 305,079.¹

La propia Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, reportaba para el caso de partículas segregadas en fuentes sin equipo de control, un total de 220,620 toneladas en 1972 y 320,030 en 1976, en lo concerniente a fuentes con equipo de control 152,865 y 117,049 toneladas respectivamente. En el mismo reporte se señala que las emisiones de óxidos de nitrógeno fueron de 50,830 toneladas en 1972 a 69,849 en 1976.¹

Finalmente, se debe mencionar que no se contó con datos de emisión de hidrocarburos para el período correspondiente, sin embargo, el documento a que se hizo referencia del año 1972 y utilizando los factores de emisión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, se puede deducir que la carga total de esos contaminantes era del orden de 118,000 toneladas, desconociéndose los datos para el año de 1976.¹

El análisis de los datos nos permite deducir que la acción gubernamental del Ejecutivo fue poco eficaz, aún cuando los reglamentos de la ley fueron publicados desde 1971 y se crearon compromisos para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera; debido a que se incrementó la carga de contaminantes en aproximadamente un 30%. En la siguiente administración, la Subsecretaría de Mejoramiento al Ambiente dejó de ser el único órgano de gobierno encargado de atender la problemática de la contaminación ambiental. En el período administrativo 1976-1982 se creó una Comisión encargada del medio ambiente y por otro lado, la dependencia encargada del desarrollo urbano en su estructura incluyó áreas relacionadas con la Ecología.

Sería interminable citar la cantidad de documentos emitidos por el Ejecutivo Federal relacionados con alternativas para disminuir la contaminación atmosférica, entre los que se pueden mencionar, acuerdos y decretos para mejorar condiciones de combustión, incentivos fiscales para producir e importar equipos de control, normas para fijar las emisiones automotrices, fechas límites para cumplir con la adopción de equipos de control en los vehículos producidos en México, sin embargo, aun existiendo éstos instrumentos, los resultados no fueron los esperados.

Para 1977, las emisiones de partículas suspendidas por fuentes fijas ya sumaban 449,000 toneladas por año y el bióxido de azufre 283,936 toneladas, ésta últimas implicaron una reducción de aproximadamente el 3% con relación al año previo, las emisiones de óxidos de nitrógeno fueron de 69,536 toneladas, las cuales también mostraron un ligero descenso con relación a las del año anterior; por último los hidrocarburos tuvieron una emisión de 94,000 toneladas, dato que no es posible verificar por carecer de información. Por lo que respecta a las emisiones vehiculares, fueron

¹ Políticas y estrategias de abatimiento y control de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. SEDUE, Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Noviembre de 1987

de 2'500,000 toneladas de monóxido de carbono, 300,000 de hidrocarburos y 30 000 de óxidos de nitrógeno.¹

Por diversas circunstancias los datos correspondientes al período 78-82 no fueron publicados sistemáticamente, por lo que sólo se tienen algunas estimaciones propuestas por la propia Secretaría de Salubridad y Asistencia. En un documento intitulado "Situación Actual de la Contaminación Atmosférica en el Área Metropolitana de la Ciudad de México", la Secretaría señala que para el año de 1982 la emisión posible total de bióxido de azufre para fuentes estacionarias sería de 393,035 toneladas, lo que representaría en el mejor de los casos una diferencia de cerca de 100,000 toneladas de incremento en el período correspondiente 77 a 82.¹

En cuanto a los óxidos de nitrógeno, la misma fuente consideró que la emisión total para el año de 1982 sería de 91,433 toneladas que comparada con las 69,536 del año de 1977 significaba un incremento de alrededor de 22,000 toneladas. Finalmente, en el caso de los hidrocarburos por fuentes estacionarias marcaba una emisión total de 139,609 toneladas.¹

De menor importancias pero igualmente significativa, es la relación de emisión de partículas suspendidas que para el año de 1982 preveía por fuentes fijas alrededor de 540,000 toneladas por año con un incremento en el periodo analizado de alrededor de 100,000 toneladas.¹

En cuanto a las emisiones vehiculares, los cálculos fundamentales relacionados con monóxido de carbono e hidrocarburos señalaron para el año de 1982, 2'628,000 y 321,500 toneladas respectivamente, lo que comparado con 1977 implicó un incremento aproximado de 120,000 toneladas en el primer caso y 20,000 en el segundo.¹

La aparente bonanza económica de que se disfrutó entre 1977 y 1981 propició un desmesurado uso de recursos naturales y un incremento sustancial en consumos de combustible, tanto para uso industrial como automotriz, lo que vino a complicar el monto de carga contaminante en la zona del Valle de México.¹

En lo relacionado con las emisiones y de nueva cuenta haciendo referencia a los datos de la propia SEDUE, la carga total de contaminantes alcanzó la cifra de 4'900,000 toneladas aproximadamente, considerándose que el 15% correspondió a las fuentes fijas, el 80% a las móviles y el 5% a las naturales.¹

Entendiendo la necesidad de coordinar acciones entre las diferentes dependencias para la solución de la problemática ambiental, y en virtud de que los programas que se habían propuesto realizar desde 1972 hasta 1986 habían mostrado poco éxito, el 14 de febrero de 1986 el Presidente de la República decide actuar de una forma más incisiva buscando una respuesta rápida tanto por parte del sector oficial como de los sectores privados y social mediante el Decreto de las 21 medidas. El esfuerzo realizado a partir del Decreto, ha permitido, entre otras cosas, la actualización en cuanto al inventario de emisiones que fue una de las tareas sustanciales para cumplir en su primera etapa.¹

En esta actualización se encontró que existen alrededor de 500 empresas altamente contaminadas como potencialmente riesgosas considerando para tal efecto las propiedades físico-químicas y de la toxicidad de los productos que esas empresas manejan.¹

Otro punto de vista clave de avancé en la cuantificación del problema ha sido la posibilidad de actualizar, cuando menos a nivel del Distrito Federal, el inventario de giros menores especialmente en lo concerniente a aquéllas operaciones que consumen combustóleo. De este análisis se desprende que 270 baños públicos consumen 5,700 metros cúbicos de ese combustible y que las emisiones de bióxido de azufre por ese sólo concepto ascienden a 357 toneladas por mes.¹

Como punto singular de la actuación relacionada con la evaluación de las 21 acciones, también es importante mencionar que finalmente se lograron cuantificar 2 contaminantes cuya importancia va ir creciendo, estos son los óxidos de nitrógeno, cuya emisión se calculó en 179,324 toneladas y los hidrocarburos reactivos con una aportación de 447,390 toneladas.¹

Aun cuando las 21 medidas, a juicio de los participantes evolucionaron satisfactoriamente, el invierno de 86-87 presentó características singulares, de tal manera que a la opinión pública el problema de la contaminación atmosférica en el Valle de México siguió incrementándose, lo cual en parte propició que el gobierno encomendó a la Comisión Nacional de Ecología la elaboración de la respuesta, que fue concretada en un documento titulado "Las 100 acciones necesarias de Ecología, entre esas 35 correspondían al control de la contaminación atmosférica, enfatizando, en lo relacionado con la zona metropolitana de la ciudad de México.¹

En 1989, se realizó el inventario de emisiones para la ZMVM, mismo que sirvió para que el entonces Departamento del Distrito Federal, Petróleos Mexicanos, el Instituto Mexicano del Petróleo, el Gobierno del Estado de México y la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, integran el Programa Integral para el Control de la Contaminación Atmosférica (PICCA). Con este programa se consiguieron reducciones significativas en las emisiones de bióxido de azufre, plomo, partículas y monóxido de carbono, mientras que en el caso del ozono se freno su tendencia ascendente.

En 1995, las autoridades federales y locales, elaboraron el primer inventario desagregado de emisiones con información disponible hasta 1994, que desafortunadamente no pudo ser comparable en términos absolutos con el inventario anterior, por no aplicar la misma metodología de cálculo. Al igual que el primer inventario, este también se empleó para guiar las políticas de la calidad del aire, plasmadas en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (ProAire), mediante el cual se instrumentó una combinación de estrategias y herramientas que lograron reducir los niveles de contaminación por día y el número de contingencias al año².

La planeación para controlar la problemática ambiental del aire de la ZMVM, exige que los inventarios de emisiones, sean más desagregados y que incluyan todas las fuentes de emisión posibles, por lo que uno de los instrumentos que se incluyeron en el ProAire, fue el de establecer las bases de datos para elaborar el inventario de emisiones de la ZMVM en 1996, con este inventario se pensó crear las plataformas para apoyar el inventario en sistemas de información geográfico interactivos, que suministren información a los modelos de simulación y pongan en marcha un sistema completo e integral de información para 1999³.

El desarrollo del inventario de emisiones de la ZMVM del año 1998⁴, al igual que con los anteriores, se identificaron los sectores y actividades de mayor aportación de emisiones, tomados estos como plataforma para la elaboración de las estrategias y medidas de control propuestas en el actual Programa para Mejorar la Calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 (Proaire 2002-2010). Asimismo este inventario fue de utilidad para proyectar las emisiones al año 2010, cuyos resultados nos permitieron construir el escenario para modelar las emisiones y inferir sobre el incremento de los niveles de ozono que se pudieran dar en los próximos diez años, de no instrumentarse medidas adicionales a las que se encuentran en curso de aplicación; también con este inventario fue posible elaborar un recálculo de los inventarios de años anteriores (1994 y 1996), a fin de comparar la evolución de las emisiones.

² Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (Proaire). DDF, GEM, SEMARNAP, SS. Agosto de 1997

³ Estrategia 31 incluida en la meta Nuevo Orden Urbano y Transporte Limpio del Proaire

⁴ Se puede consultar o bajar a disco duro en la dirección electrónica <http://sma.df.gob.mx>

2. ASPECTOS GENERALES DE LA ZMVM

2.1 ZONA DE ESTUDIO

El Inventario de Emisiones para el año 2000 de la Zona Metropolitana de Valle de México (ZMVM), cubre una superficie de poco más de 3,500 km², incluye las 16 delegaciones del Distrito Federal (1,486 km²) y 18 municipios conurbados del Estado de México (2,054 km²) ver Figura 2.1.1 y Tabla 2.1.1.

Figura 2.1.1 Zona Metropolitana del Valle de México

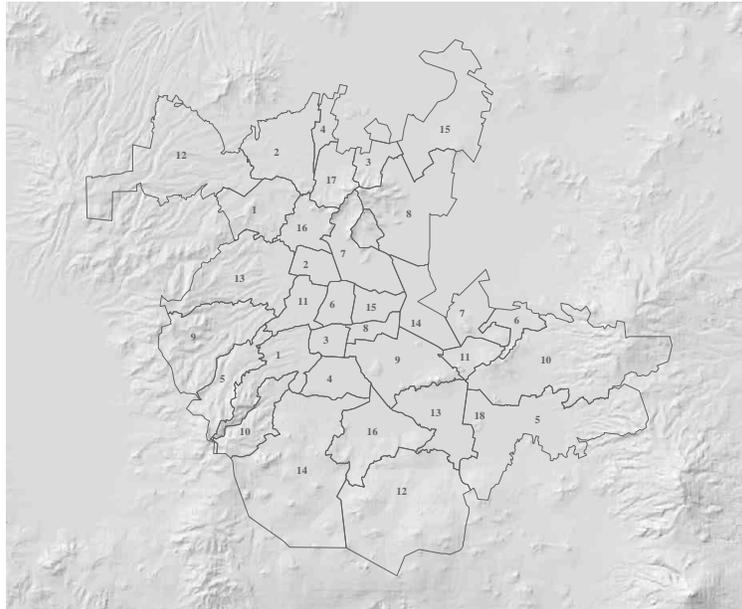


Tabla 2.1.1 Delegaciones y municipios conurbados de la ZMVM

	Delegación	Superficie [km ²]		Municipio	Superficie [km ²]
1	Álvaro Obregón	95.9	1	Atizapán de Zaragoza	89.8
2	Azcapotzalco	33.7	2	Cuautitlán 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	234.7
6	Cauhtémoc	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
	TOTAL	1,486.4	17	Tultitlán	71.1
			18	Valle de Chalco*	44.5
			TOTAL		2,054.3

* Decreto de Creación del Municipio del Valle de Chalco. Gaceta del Gobierno del Estado de México, 4 de noviembre de 1994.

2.1.1 Fisiografía

La ZMVM, se localiza en la región central de la República Mexicana, a una altura de 2,240 msnm; forma parte de una cuenca cerrada de 9,560 km² de superficie y abarca casi en su totalidad al Distrito Federal y 18 municipios del Estado de México. Se encuentra rodeada por una cadena montañosa formada por las sierras del Ajusco, Chichinautzin, Nevada, Las Cruces, Guadalupe y Santa Catarina. Esta cadena montañosa alcanza su nivel más alto hacia el sur, con 3,952 msnm, mientras que en el norte la altura máxima es de 3,000 msnm. Debido a esta altura, el contenido de oxígeno del aire de la ZMVM es aproximadamente 23% menor que al nivel del mar, lo que contribuye a que los sistemas de combustión interna sean menos eficientes y emitan una mayor cantidad de contaminantes. Por otro lado, la cadena montañosa que la rodea impide una adecuada dispersión de contaminantes, propiciando su estancamiento.

Aunado a esto, su latitud a 19° N ocasiona que reciba una radiación solar intensa que acelera la formación fotoquímica de contaminantes atmosféricos, así mismo, su ubicación en el centro del país permite que a lo largo del año resulte afectada por sistemas anticiclónicos, lo que provoca viento débil en superficie y cielo despejado, a causa de la estabilidad atmosférica, con la consecuente dificultad para la dispersión de contaminantes.

2.1.2 Geología

La ZMVM se encuentra formada en su totalidad por rocas de la era Cenozoica en la que hubo predominancia de rocas volcánicas extrusivas, las cuales formaron las sierras que componen el eje Volcánico Transversal. Sólo dos periodos temporales, el Terciario y el Cuaternario, pertenecientes a la era Cenozoica, están representados en el área de estudio.

2.1.3 Hidrología

El país se encuentra dividido en 37 regiones hidrológicas, las cuales tuvieron como base la orografía y la hidrografía de la República Mexicana. Las sierras que se encuentran al norte, sur y este de la ZMVM son las que delimitan regiones hidrológicas de la zona.

Para la ZMVM, la región Pánuco es la principal y la que ocupa la mayor superficie del territorio con 94.6 por ciento. Las otras dos son: Balsas con el 5.1% y Lerma Santiago con 0.3%, ubicadas hacia el sur y suroeste respectivamente.

Dentro del Valle de México existen tres cuerpos de agua importantes: el Lago de Zumpango, ubicado al norte del territorio dentro del municipio del mismo nombre, la Presa de Guadalupe, ubicada al noroeste dentro del municipio de Cuautitlán Izcalli y el Lago Nabor Carrillo en el municipio de Atenco.

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-ATMOSFÉRICAS DEL VALLE DE MÉXICO

2.2.1 Rasgos geoclimáticos

Las características geográficas y climáticas de la Zona Metropolitana del Valle de México, se consideran como uno de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes generados por procesos antropogénicos.

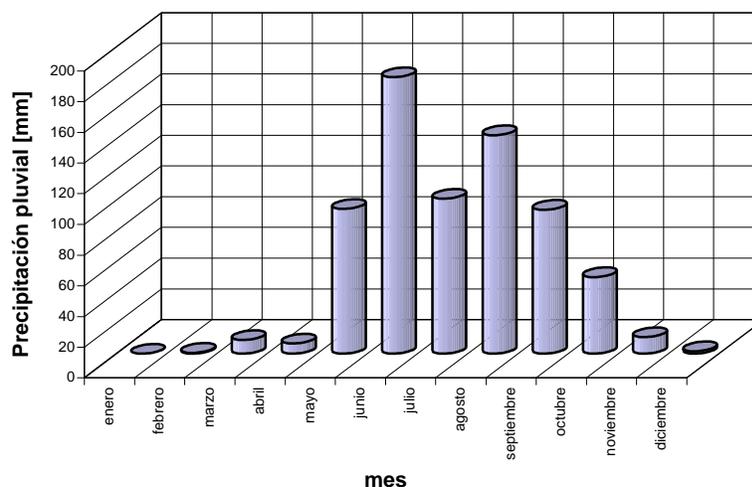
La presencia de cuatro subtipos de clima, como resultado de las diferencias de relieve y elevación (altitud), influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. Su temperatura media anual varía entre 12 y 18 °C, con valores máximos en abril y mayo (hasta 33.5 °C) y mínimos durante diciembre y enero (hasta -1 °C). Este parámetro suele tener niveles más elevados en el oriente de la ZMVM y gradualmente decrece hacia el poniente¹.

Estas condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México permiten reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación de secas. Esta última se caracteriza por tener una humedad relativa baja. Sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15 °C permiten dividirla en las estaciones Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero². La estación de lluvias y humedad relativa alta se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, sobre todo en la primera quincena de este último mes, descendiendo los niveles de algunos contaminantes, principalmente por la inestabilidad atmosférica que provocan los sistemas meteorológicos propios de la época. Especialmente, los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (noreste).

2.2.2 Precipitación pluvial y humedad relativa

El aumento de las lluvias en la ZMVM, en los meses de mayo a octubre, se asocia a la entrada de aire tropical con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México (Gráfica 2.2.1), lo cual propicia una disminución en los índices de calidad del aire de la zona.

Gráfica 2.2.1 Precipitación acumulada mensual en el año 2000

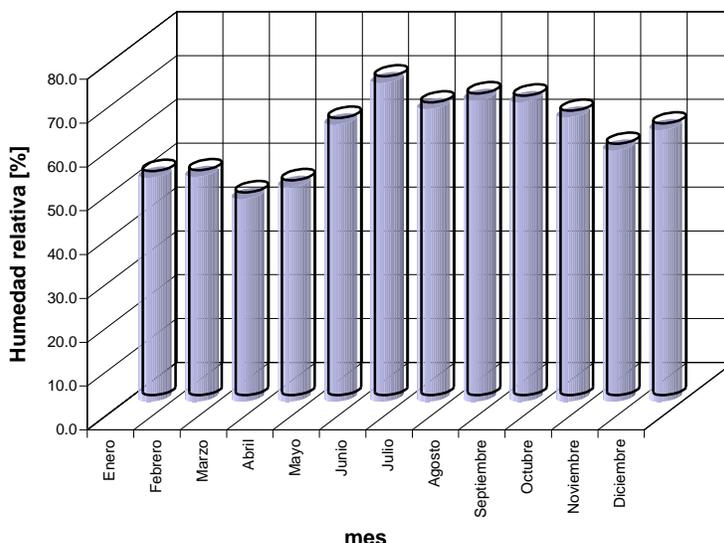


¹ <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/dfd.html> 1997.

² <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/dfd.html>, 1998

La humedad relativa es un parámetro meteorológico que tiende a ser poco conservativa, es decir, en un mismo día pueden registrarse valores muy altos o muy bajos, sin que necesariamente tengan un patrón definido durante el día, como sucede con la temperatura. La tendencia es que durante el año, la etapa de mayor humedad se enmarque en los meses de mayo a octubre, es decir, durante el tiempo de lluvias, como ya se describió antes. Para el caso del año 2000 específicamente, los promedios mensuales indican una diferencia aproximada de 25 % entre el mes más húmedo (julio) y el mes más seco (marzo); esto es así porque las características de la masa de aire, de tipo marítimo tropical, propicia la formación de nubosidad, muchas veces muy abundante, reduciendo la insolación y provocando lluvias que dan lugar al “lavado atmosférico”.

Gráfica 2.2.2 Promedios mensuales de humedad relativa máxima en el año 2000.

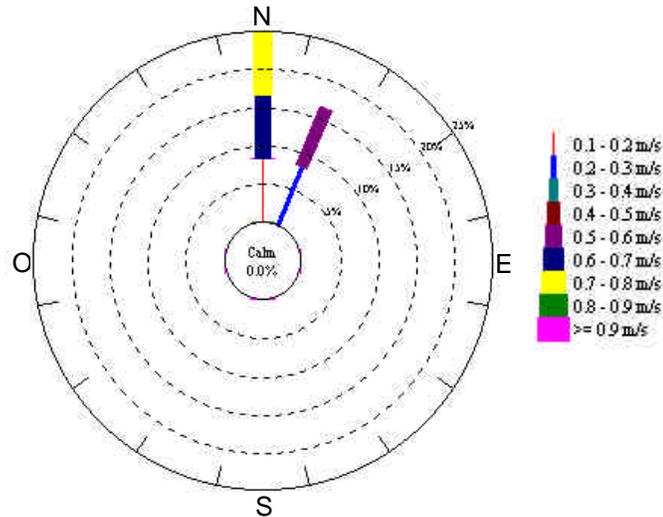


2.2.3 Viento

En el Valle de México, se tiene una entrada principal del viento la cual se ubica en la zona noreste del mismo, región donde el terreno es plano. Esta característica del Valle se complementa con el hecho de que los sistemas meteorológicos a macroescala colaboran para que así sea. Dependiendo de la época del año, la influencia de tales sistemas meteorológicos cambia en mayor o menor grado, haciendo que exista una segunda entrada del viento, siendo esta por la región oriental del Valle. Pero puede ser, incluso, que el flujo del viento sea de sur a norte, cuando el viento en capas medias de la tropósfera es suficientemente intenso como para que, a pesar de la barrera montañosa, se imponga esa dirección. Esto sucede sobre todo en los meses invernales. Es necesario remarcar que las dos última direcciones descritas normalmente se presentan en un porcentaje bajo, de tal forma que es normal que no se detecten en estudios que involucren un tiempo largo, como en este caso. Finalmente, dependiendo de las características propias de los sistemas meteorológicos, en conjunto con las rasgos orográficos del Valle, dentro de este, se pueden formar remolinos, líneas de confluencia y zonas de convergencia del viento, mismos que tienden a incrementar la acumulación de los contaminantes.

La Figura 2.2.1, muestra una rosa de viento promedio, hecha con datos de las 10 estaciones meteorológicas que componían la Red Meteorológica en el año 2000. Muestra claramente que la componente principal del viento es del norte con una componente secundaria del nor-noreste. Este resultado es un indicador claro del transporte de norte a sur, sentido en el que fluye el viento en este caso, de los contaminantes.

Figura 2.2.1 Rosa de viento promedio anual. 2000.

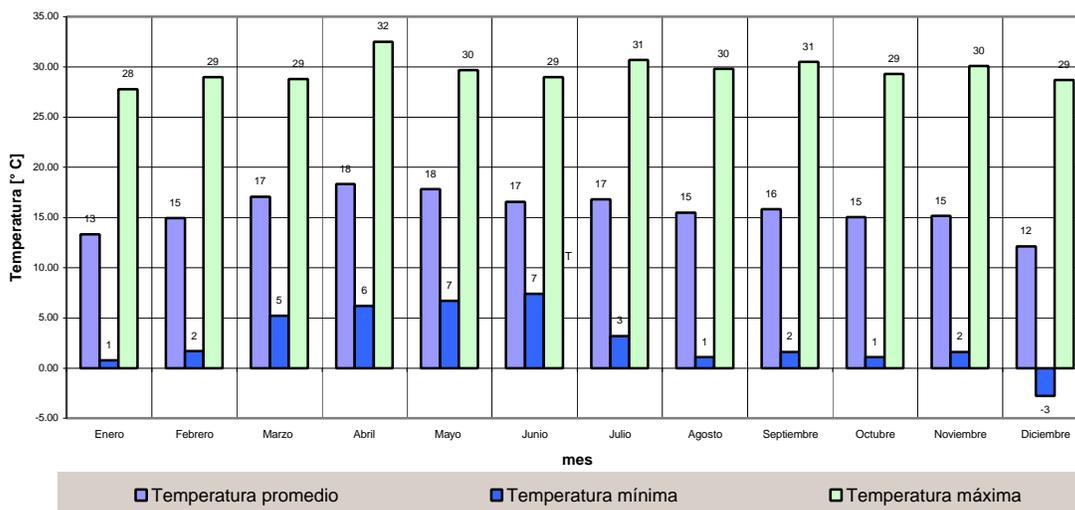


El viento se ubica, desde el punto de vista de la contaminación, entre los factores meteorológicos climatológicos más importantes, ya que a partir de su dirección se identifican los sistemas meteorológicos que afectan, en cierto momento, a determinado lugar. Su intensidad es el factor principal para que los contaminantes emitidos a la tropósfera, en capas cercanas a la superficie, se acumulen o se dispersen.

2.2.4 Temperaturas e inversiones térmicas en el Valle de México

Normalmente en el Valle de México, la temperatura máxima, mínima y promedio mensual tienden a presentar un patrón estacional como reflejo de acuerdo con la época del año. De esta manera, los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente, en consecuencia los valores moderados se presentan en la época de lluvias, cuando la formación de nubosidad es significativamente mayor y la insolación es interceptada por esta. La Gráfica 2.2.3, muestra poca variación estacional de la temperatura máxima y de la temperatura promedio mensual, sin embargo, tal variación es mucho más visible cuando se observan los valores de temperatura mínima mensual, en los que si se nota claramente un patrón estacional a lo largo del año.

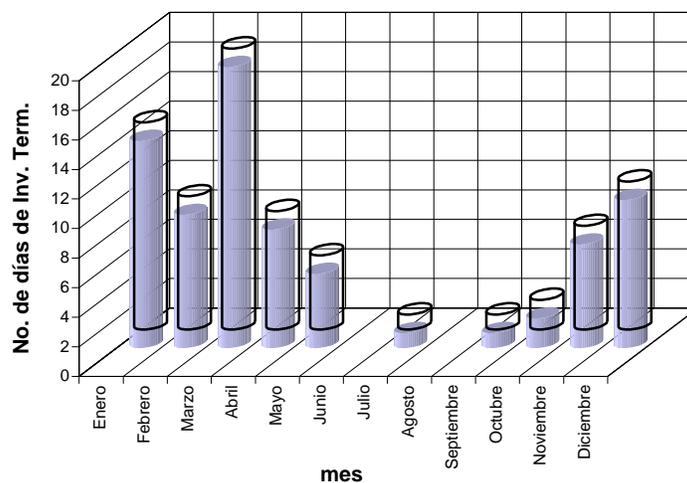
Gráfica 2.2.3 Temperatura máxima, mínima y promedio mensual 2000.



A su vez, las inversiones térmicas, casi siempre de tipo radiativas, son ocasionadas por la presencia de sistemas de alta presión que provocan cielo despejado durante la noche, favoreciendo con esto la fuga de calor del suelo y de las capas atmosféricas adyacentes a la misma, hacia capas más altas de la tropósfera. Son sinónimo de estabilidad atmosférica de tipo temporal, porque cuando se presentan en la superficie favorecen el estancamiento de los contaminantes, pero al disiparse, normalmente antes del mediodía, inicia la dispersión de los mismos, siempre y cuando no haya alguna otra fuerza que los haga permanecer pegados al suelo.

Normalmente las inversiones térmicas presentan una mayor intensidad y frecuencia entre noviembre y marzo. Su origen es el resultado de la posición geográfica morfología del Valle, aunado al efecto que producen los sistemas de alta presión, fundamentalmente cuando se ubican hacia el norte del mismo, ya que desplazan aire frío hacia el centro del país, frecuentemente con bajo contenido de humedad, y con ello provocan cielo despejado durante la noche (Gráfica 2.2.4).

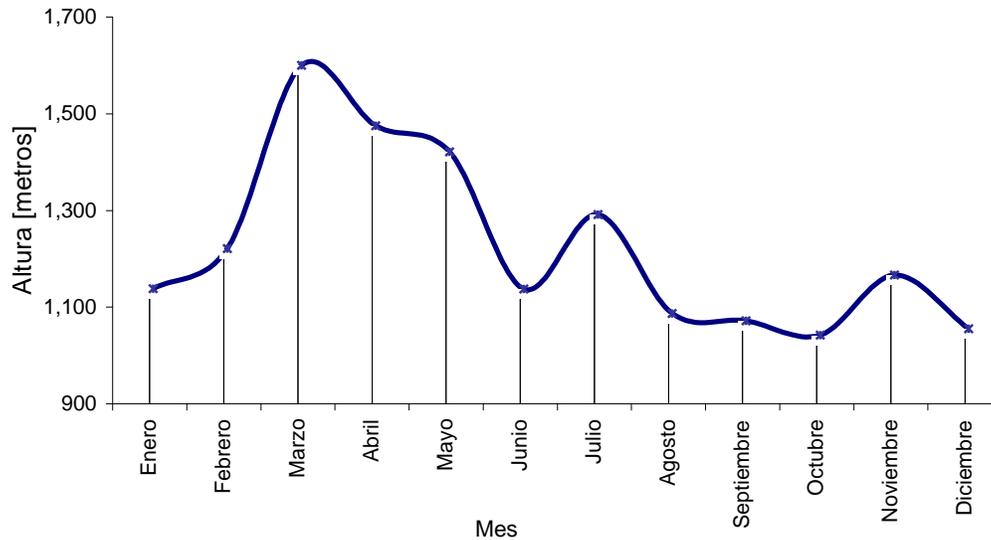
Gráfica 2.2.4 Frecuencia de inversiones térmicas en el año 2000.



2.2.5 Altura máxima promedio de capa de mezclado.

Se define como la altura máxima atmosférica donde se lleva a cabo el proceso de mezclado de los contaminantes emitidos. En la Gráfica 2.2.5, se muestra que desde mediados de febrero hasta finales del mes de mayo se alcanzan las alturas máximas de mezclado.

Gráfica 2.2.5 Altura máxima promedio de capa de mezclado.



2.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

2.3.1 Población

Con base en los resultados del XII Censo General de Población y Vivienda del año 2000, en la República Mexicana residían un total de 97.48 millones de personas, que ubican al país en el onceavo lugar mundial.

En la Zona Metropolitana del Valle de México, residen 16.97 millones de habitantes. En conjunto, la población de la ZMVM representa el 17.4% del total nacional, el Distrito Federal, participa con el 51%, en tanto que los 18 municipios conurbados lo hacen con el 49%.

2.3.2 Crecimiento poblacional en la ZMVM

Dentro de la ZMVM, los municipios conurbados mantuvieron en el periodo 1990-2000 un ritmo de crecimiento superior al del Distrito Federal e inclusive al del promedio nacional, su tasa de crecimiento promedio anual fue de 2.9 %, mientras que el de las delegaciones del Distrito Federal fue de 0.4%.

A nivel nacional, la Zona Metropolitana del Valle de México tiene una población 4.8 veces mayor que la de Guadalajara, que le sigue en tamaño, equivalente también a la de las 14 metrópolis más pobladas del país.

2.3.3 Crecimiento y distribución de las viviendas

De acuerdo con las cifras censales, el número de viviendas en la ZMVM en el año 2000, fue de 4'220,824. El mayor dinamismo de crecimiento se produjo en los municipios conurbados con 4.5 % anual, en tanto que el Distrito Federal registró 1.7 %. Del total mencionado, 4'195,940 son viviendas habitadas.

2.3.4 Servicios en la vivienda

En general, las condiciones promedio de las viviendas en la ZMVM son comparativamente mejores que las del promedio nacional, situación que incluye tanto a la calidad de los materiales como al espacio habitable (menor hacinamiento) o la disponibilidad intradomiciliaria de energía eléctrica, agua potable y drenaje.

2.3.5 Industria

La actividad industrial en el Distrito Federal ha disminuido comparativamente respecto a años anteriores a favor del comercio y los servicios; no obstante, todavía mantiene, en el contexto de las demás entidades del país, su predominancia geográfica y económica. En cambio, los municipios conurbados registran un ritmo creciente de implantación de establecimientos industriales³.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) reporta que en la ZMVM, se ubican aproximadamente 53,511 establecimientos manufactureros, de estos 22,443 en los municipios conurbados del Estado de México y 31,068 en el Distrito Federal. Es importante mencionar que alrededor del 90% de estos establecimientos son micro industrias, el 6% son pequeñas industrias, el 3% mediana y solo menos del 1% son industrias grandes.

El Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM), tiene registradas en sus bases de datos para la ZMVM 10,496 industrias manufactureras, de las cuales 7,906 se ubican en el Distrito Federal y 2,590 en los municipios conurbados del Estado de México. Así mismo el SIEM basado en la capacidad de producción y el número de empleados, reporta que del total de industrias el 60% son micro, el 25% pequeñas, el 11% medianas y sólo el 4% son industrias grandes.

Por otro lado las autoridades ambientales, para elaborar el presente inventario, cuenta con el registro de 5,116 industrias, de las cuales 3,029 se ubican en el Distrito Federal y 2,087 en los municipios conurbados del Estado de México. Aunque el número de industrias es menor al que reporta INEGI y el SIEM, en este registro se encuentran las que generan mayores emisiones de contaminantes al aire.

2.3.6 Transporte

Diversos factores originan la tendencia creciente de la cantidad de vehículos en los centros urbanos: expansión de las ciudades hacia zonas periféricas, flujos migratorios constantes del campo a la ciudad, recorrido de distancias más largas, mayor tiempo requerido en traslados, ineficiencia del transporte público, precios accesibles de los combustibles, consumo intensivo, entre otros.

Las actividades del transporte conllevan transformaciones a los ecosistemas y también alteraciones en la calidad del aire, además de la contaminación por ruido. En la Tabla 2.3.1, se aprecia el número de vehículos por tipo de combustible (gasolina, diesel, gas licuado de petróleo "GLP", gas natural comprimido "GNC") de la flota circulante en la Zona Metropolitana del Valle de México.

³ a Fuente: <http://df.inegi.gob.mx/economia/espanol/municipal.html>

Tabla 2.3.1 Flota vehicular circulante en la ZMVM en el año 2000

Número de vehículos por tipo de combustible				
Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total
3,028,790	110,416	24,680	1,324	3,165,210

2.3.7 Servicios

En el sector servicios existen 252,009 unidades económicas en la ZMVM, de las cuales el 61.2 % se encuentra en el Distrito Federal y la delegación Cuauhtémoc es la que posee el mayor número de éstas. Entre los municipios conurbados, Ecatepec y Nezahualcóyotl son los que cuentan con el mayor número de establecimientos dedicados a este sector.

En términos de ocupación, la delegación Cuauhtémoc tiene 412,924 personas laborando en los servicios, (18.7% del total metropolitano), mientras que de los municipios conurbados, Naucalpan de Juárez es el que ocupa más personal.

2.3.8 Vegetación y actividades agropecuarias

Los usos del suelo que predominan en la Zona Metropolitana de Valle de México, se pueden clasificar en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y zona urbana. En particular, con respecto a la agricultura, las tierras de temporal son las que ocupan mayor superficie, se localizan desde las llanuras hasta las altas sierras.

El suelo del Distrito Federal se divide para fines prácticos, en urbano y de conservación. Cada categoría depende de los usos productivos del suelo y las actividades de la población, así como los de carácter administrativo que determinan la línea limítrofe entre el área de desarrollo urbano y el área de conservación ecológica.

Figura 2.3.1 Uso de Suelo del Distrito Federal.



La dimensión de la superficie del suelo de conservación constituye poco más del 59% de la superficie total del Distrito Federal, limitando al norte, este y oeste con el Estado de México y al sur con Morelos. Lo compone principalmente el área rural del Distrito Federal en su región sur y surponiente; se localiza en las delegaciones de Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, así como una pequeña área al norte de la Ciudad de México en la delegación Gustavo A. Madero.

Producción agrícola

La producción agrícola en el Distrito Federal (465 km²), está destinada principalmente al consumo familiar. No obstante, algunos cultivos representan una fuente significativa de ingresos en algunas demarcaciones. Es el caso de Milpa Alta, en donde el volumen de producción de nopal tiene asegurado un mercado amplio y suficiente.

En el suelo agrícola de la ZMVM (1,471 km²), se siembra principalmente cultivos anuales y permanentes, existiendo cada vez menos áreas de cultivos semipermanentes.

Población ganadera y producción pecuaria

Los sistemas de producción de los diferentes productos pecuarios se caracterizan por su proclividad hacia la explotación extensiva, así como el predominio de los animales de traspatio, destinados preferentemente al autoconsumo. Esta cualidad se observa especialmente en las delegaciones con mayor tradición agropecuaria como son Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, las cuales tuvieron una producción de más de 22,000 cabezas de ganado bovino en el año 2000.

Aunque la especie animal mayoritaria es el ave de corral, predomina también la cría de cerdos, ovejas y borregos. No obstante, por su capacidad de adaptación y desarrollo en espacios reducidos la explotación de porcinos está presente en 11 de las 16 delegaciones. Es notoria también la población ganadera de Azcapotzalco e Iztapalapa, fundamentalmente porque son demarcaciones de alta concentración urbana.

Destino y clase de la tierra en superficie ejidal

El Distrito Federal posee una superficie total de 24,100 ha en las unidades de producción rural. La distribución de las tierras por su cobertura se clasifica en: superficie de labor (96.5 %), pasto natural, agostadero o enmontado (2.1 %), bosque o semiselva con pasto (0.6 %) y suelos sin vegetación (0.7 por ciento).

Los municipios conurbados que todavía poseen tierras ejidales, disponen de 11,990 ha para uso común y 36,036 ha parceladas. Estas últimas son generalmente las de mejor calidad; por ello, las tierras de riego o humedad de primera y las de temporal se concentran en este rubro. A su vez, los terrenos de monte o agostadero en terrenos áridos son asignados al uso común.⁴

2.4 CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo diario promedio de combustibles en la Zona Metropolitana del Valle de México para el año 2000, fue de 301 mil barriles equivalentes a gasolina; es decir 47.8 millones de litros por día; en la Tabla 2.4.1, se presenta el consumo por tipo de combustible expresado en miles de barriles al año. Es importante mencionar que aunque el consumo de gas natural es abundante, este sólo genera 5.1

⁴ Nota: La información estadística a la que se hace referencia en éste sección fue obtenida del INEGI 2002.

MJ por barril, a diferencia de los demás combustibles que en promedio generan 5,681 MJ por barril de combustible.

El consumo de gasolina está referido a todos los tipos de gasolinas que se han consumido desde 1990, de ellas la gasolina PEMEX magna, se consumió en todo el periodo y se distribuye en la actualidad; en cuanto al diesel vehicular, el llamado 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 como 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 como diesel industrial bajo en azufre.

Tabla 2.4.1 Consumo de combustibles en la ZMVM, 1990–2000

Año	Consumo [miles de barriles/año]						
	Gasolina	Diesel vehicular	Petróleo diáfano	Gasóleo industrial	Diesel industrial	Gas LP	Gas natural
1990	34,632	6,247	253	N/C	N/C	18,624	23,142,684
1991	39,329	4,073	200	114	N/C	19,116	22,973,374
1992	39,123	4,325	171	2,514	N/C	21,817	19,574,698
1993	40,225	6,637	145	2,459	354	21,034	29,162,448
1994	41,950	9,177	184	1,977	2,187	22,662	29,130,002
1995	40,172	8,591	157	1,826	1,754	23,289	26,935,602
1996	39,373	9,216	149	1,945	1,751	22,770	27,284,144
1997	40,213	9,644	52	2,012	1,750	22,889	29,044,892
1998	40,686	10,113	19	2,367	1,557	23,171	30,791,034
1999	40,814	10,164	10	1,558	2,002	28,154	32,639,578
2000	43,365	10,189	2	831	2,129	24,230	34,161,981

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Refinación 2002 / PEMEX Gas y Petroquímica Básica 2002
N/C.- En este año no se consumió este combustible

Transformando el consumo de combustibles en volumen a energía y expresándolo en porciento 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.

En la Tabla 2.4.2 se indica el comportamiento histórico porcentual que se ha dado en el consumo energético desde 1990 hasta el año 2000.

Tabla 2.4.2 Comportamiento histórico porcentual del consumo energético por tipo de combustible ZMVM, 1990-2000

Año	Consumo energético [%]								Total] [Petajoules]
	Gasolina	Petróleo diáfano	Gasóleo industrial	Diese industrial	Diesel vehicular	Gas natural	Gas LP	total	
1990	41.2	0.3	0.0	N/C	8.3	32.2	17.9	100	435
1991	45.7	0.3	0.1	N/C	5.3	31.1	17.5	100	446
1992	45.0	0.2	3.2	N/C	5.5	26.3	19.7	100	451
1993	39.7	0.2	2.7	0.4	7.3	33.5	16.3	100	526
1994	38.9	0.2	2.0	2.2	9.3	30.8	16.6	100	572
1995	39.1	0.2	1.9	1.9	9.1	29.9	17.9	100	545
1996	38.1	0.2	2.0	1.8	9.7	30.8	17.4	100	544
1997	39.9	0.1	2.2	1.9	10.4	28.3	17.3	100	530
1998	39.3	N/S	2.5	1.6	10.6	29.0	17.0	100	545
1999	37.3	N/S	1.6	2.0	10.4	29.9	18.8	100	561
2000	39.4	N/S	0.8	2.2	10.4	31.1	16.1	100	564

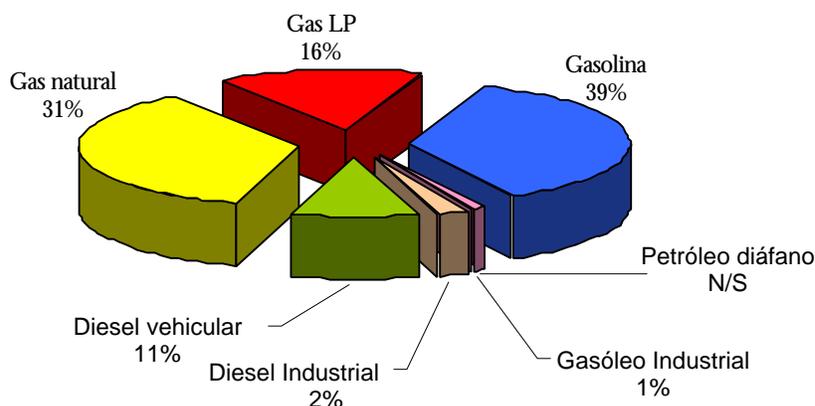
Fuente. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica 2002/ PEMEX Refinación 2002/ Secretaría de Energía: Balance Nacional de Energía 2001.

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

En el año 2000, la Zona Metropolitana del Valle de México consumió 564 petajoules de energía, de los cuales los principales aportadores energéticos fueron las gasolinas con más del 39%, el gas natural con más del 31%, el gas LP con casi el 16% y el diesel vehicular con más del 10%.

La Gráfica 2.4.1 muestra la distribución energética por tipo de combustible.

Gráfica 2.4.1 Distribución energética por combustible ZMVM, 2000



Agrupando los consumos porcentuales energéticos por tipo de combustible presentes en la tabla anterior, se obtienen los siguientes consumos por sector: Desde 1990 el sector transporte es el principal consumidor de energía, su demanda más baja en el periodo 1990-2000 fue del 47% en el año 1993 y su demanda mayor fue del 51% en el año de 1991, 1998 y 2000. Para el caso de la industria y servicios, en este mismo periodo su demanda se ha mantenido entre el 36% y el 42%. Por lo que corresponde al sector residencial/comercial, el consumo energético ha variado de 10% a 14%, como se muestra en la Tabla 2.4.3.

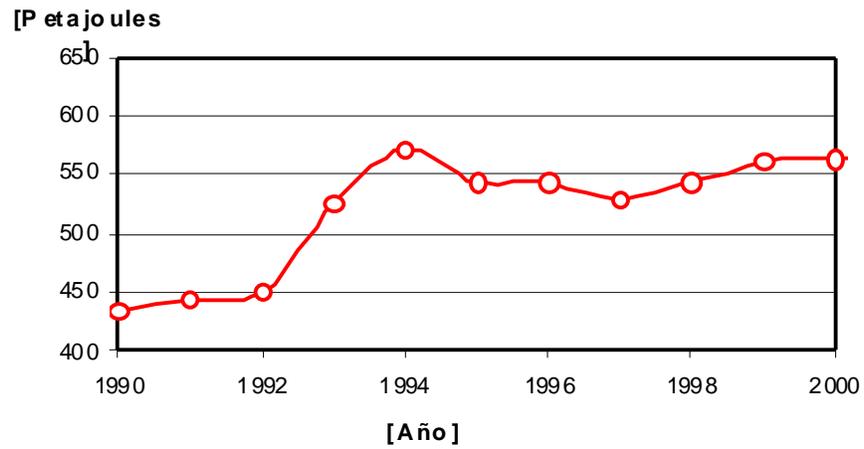
Tabla 2.4.3 Comportamiento histórico porcentual del consumo energético por sector ZMVM, 1990-2000

Actividad	Consumo energético [%]										
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Transporte	50	51	50	47	48	48	48	50	51	50	51
Industria / Servicios	38	37	36	42	41	40	41	39	39	39	40
Residencial / Comercial	12	12	14	11	11	12	11	11	10	11	9
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente. Elaborada con datos de PEMEX Refinación 2002 / PEMEX Gas y Petroquímica Básica 2002 / Secretaría de Energía 2001. Prospectivas del mercado de gas licuado de petróleo 2002-2011, Prospectiva del mercado de gas Natural 2002-2011, Prospectiva de petrolíferos 2002-2011.

En la Gráfica 2.4.2, se presenta la situación histórica del consumo energético de la Zona Metropolitana del Valle de México, donde se aprecia que de 1994 a 1995 disminuyó casi en un 5%, posteriormente aumentó gradualmente, hasta alcanzar un máximo en el año 2000 de 564 petajoules.

Gráfica 2.4.2 Consumo energético histórico de la ZMVM 1990-2000



FUENTE. Elaborada con datos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica 2002, PEMEX Refinación 2002 y Secretaría de Energía 2001.

3. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZMVM

El desarrollo de un inventario, demanda el procesamiento de una gran cantidad de información, a fin de estimar las toneladas de contaminantes atmosféricos, además el grado de incertidumbre depende de la suficiencia y calidad de la información, junto con el adecuado tratamiento que se le dé a ésta. Para la estimación de las emisiones generadas en el año 2000 en la Zona Metropolitana del Valle de México, a diferencia de los inventarios anteriores, se recopiló mayor información; el control de calidad y la metodología empleada es acorde a la recomendada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, en los diferentes volúmenes para desarrollar inventarios en México.

El actual inventario de emisiones, al igual que los anteriores que se han desarrollado para la ZMVM, agrupa las emisiones en cuatro sectores: fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes naturales (vegetación y suelos). Sin embargo tiene diferencias, en éste se reportan los compuestos orgánicos totales (COT) en vez de los hidrocarburos totales (HCT), separando el metano (CH_4) y los compuestos orgánicos volátiles (COV), incluyendo además de las emisiones de: partículas menores a $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), bióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x), las emisiones de partículas menores a $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), y amoníaco (NH_3).

A continuación se hace una descripción general de la metodología utilizada para la estimación de las emisiones y posteriormente, en el capítulo 4, se analizan las emisiones generadas por cada sector y en la memoria de cálculo se describe en forma particular la metodología específica.

Las técnicas utilizadas para estimar las emisiones fueron:

El muestreo en la fuente, dentro de este método se tomaron los resultados de las mediciones directas en las chimeneas, que anualmente realizan algunas industrias y que reportan a la autoridad correspondiente dependiendo de la jurisdicción a que pertenezcan.

Modelos de emisión, (mecanísticos), se utilizó el modelo TANKS 3.1, para estimar las emisiones de hidrocarburos (HC) generados por los tanques de almacenamiento de combustibles, el PCBEIS 2.2, para calcular las emisiones de HC y NO_x provenientes de la vegetación y del suelo; el modelo MOBILE5a.3 México, para obtener las emisiones de HC, NO_x y CO que generan los vehículos a diesel, motocicletas, vehículos menores a 3 toneladas y los vehículos pesados a gasolina; el modelo LANDFILL, para estimar las emisiones generadas en los rellenos sanitarios. Todos estos modelos fueron desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América "EPA-US" y adaptados para utilizarse en la ZMVM. Otro modelo utilizado fue el FAEED, con el cual se calcularon las emisiones generadas por los aviones, este modelo fue desarrollado por la EPA-US en conjunto con la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos.

Encuestas, actualmente el gobierno federal y las dos entidades que convergen en la ZMVM, tienen implementado formatos¹ para la obtención y actualización de los datos de actividad necesarios para el cálculo de las emisiones (combustible, materias primas, productos, etc.), tanto para el sector industrial como para algunas fuentes de área (gasolineras, hoteles, tintorerías, lavanderías, baños públicos, panaderías, hospitales, centros deportivos, entre otros).

Factores de emisión, 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 por el Instituto Mexicano de Petróleos (IMP) para autos particulares, taxis y combis que circulan en la ZMVM.

¹ Cédula de operación anual, inventario de emisiones, licencia ambiental única.

Balance de materiales, para el cálculo de las emisiones de bióxido de azufre de las fuentes móviles, se partió del principio de que todo el azufre contenido en el combustible vehicular se transforma en bióxido de azufre, de igual forma el 95% del solvente contenido en el asfalto se emite como COT.

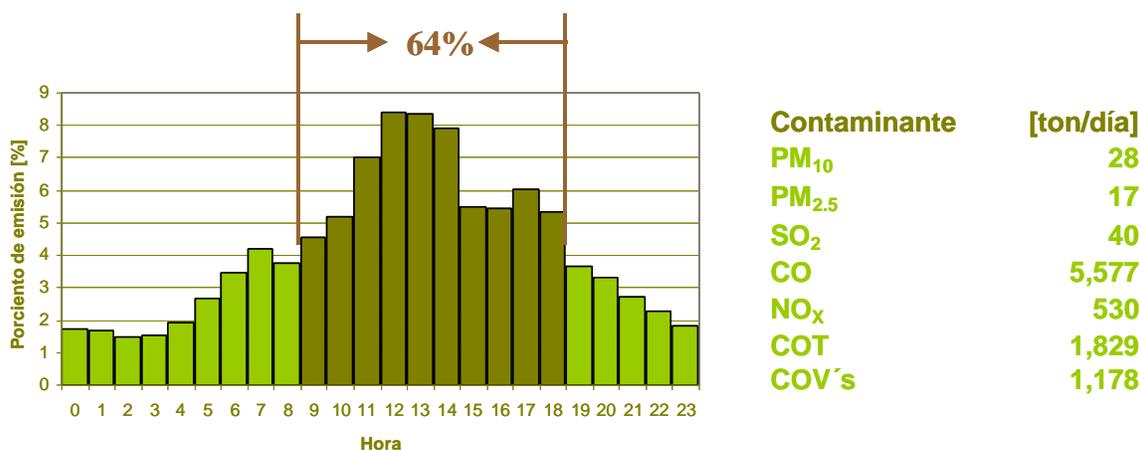
3.1 DISTRIBUCIÓN HORARIA Y ESPACIAL DE LAS EMISIONES

A diferencia de los anteriores inventarios, en donde solamente se reportaban las emisiones estimadas en forma total anual, en este se presentan dos nuevas características necesarias para tener un análisis más detallado y poder utilizar los datos para la modelación de emisiones y análisis de calidad del aire: la primera, es la distribución temporal que nos permite conocer la cantidad de emisión generada en cada hora y la segunda es la resolución espacial de las emisiones por medio de la cual podemos ubicar las diferentes zonas donde se está emitiendo un contaminante.

3.1.1 Distribución horaria de las emisiones

Las emisiones anuales registradas en este inventario, sirven principalmente para compararlas con las emisiones de inventarios previos y posteriores. No obstante la necesidad de las autoridades ambientales que convergen en la ZMVM, para la toma de decisiones requieren de un inventario con una resolución horaria; lo anterior debido a que las emisiones de los automóviles que circulan por las vialidades de la zona, varían de una hora a otra y de igual forma se puede mencionar que la actividad industrial varía en el transcurso del día. En general la mayor cantidad de emisiones originadas en la zona, se emiten de las 7:00 a las 18:00 horas del día; las emisiones son menores en las primeras horas del día y conforme transcurre el día van en aumento, de tal forma que entre las 12 y 14 horas se tienen los niveles más altos de emisión; posterior a este horario las emisiones van disminuyendo. Figura 3.1.1

Figura 3.1.1 Perfil de emisión horario



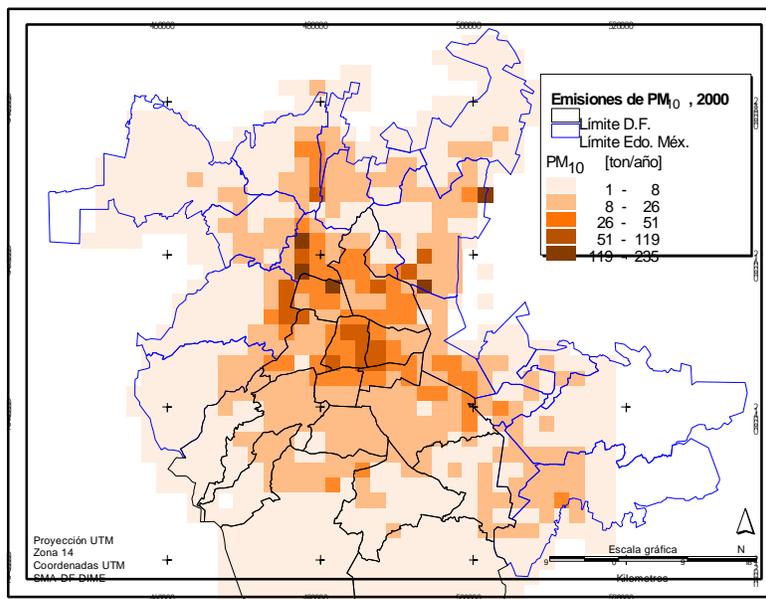
Del análisis de la figura 3.1.1, se observa que a las 12 y 13 horas del día, es cuando se presentan los índices más altos de emisión; por ejemplo de las 28 toneladas de partículas PM₁₀ que se generan al día, a las 12 horas se liberan más del 8%, y de las 9:00 a las 18:00 horas cerca del 64%; este perfil de emisiones basado en la actividad horaria de todos los sectores puede tomarse para hacer una distribución de las emisiones totales para otros contaminantes (PM_{2.5}, SO₂, CO, NO_x, COT, COV's).

3.1.2 Distribución espacial de las emisiones

Para la distribución espacial de las emisiones del área de estudio del presente inventario, se localizaron las fuentes emisoras en un dominio reticular, con celdas de 2 por 2 km. Lo anterior con el fin de distribuir las emisiones que se generan en la ZMVM para cada uno de los contaminantes, ver Mapa 3.1.1 a Mapa 3.1.6.

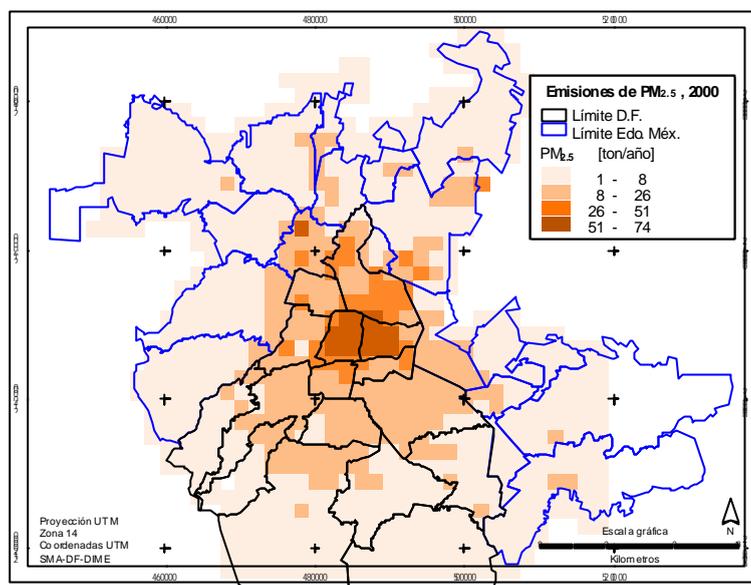
Aún cuando las fuentes móviles generan más del 50% de las emisiones de PM_{10} , las zonas de mayor emisión corresponden a la ubicación industrial, por ejemplo en el municipio de Tlalnepantla, al sur de Ecatepec y en la colindancia junto al Estado de México de las delegaciones de Azcapotzalco y Gustavo A. Madero, así como en Acolman por la generación de energía eléctrica, existen zonas donde se emiten más de 119 toneladas al año (ver Mapa 3.1.1).

Mapa 3.1.1 Distribución espacial de las emisiones totales de PM_{10}



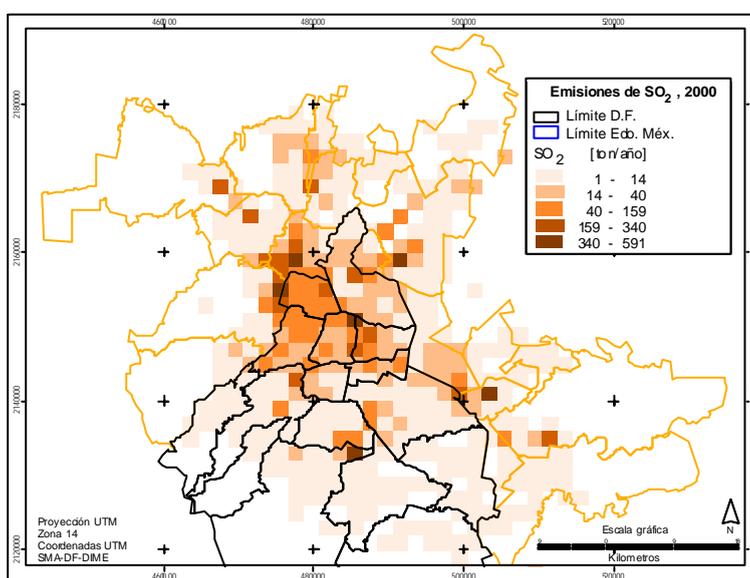
El 76% de las emisiones de $PM_{2.5}$, son liberadas por las fuentes móviles, (principalmente tractocamiones, autobuses y autos particulares) y se distribuyen espacialmente dentro de la ZMVM, con base a la intensidad vehicular de cada zona, p.e. la actividad vehicular, es más intensa en las delegaciones Venustiano Carranza, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, por lo que es el área de mayor emisión de $PM_{2.5}$, se generan más de 12 toneladas al año en cada kilómetro cuadrado (ver Mapa 3.1.2).

Mapa 3.2.2 Distribución espacial de las emisiones totales de PM_{2.5}



Dado que el 70% de las emisiones de SO₂, que se liberan en la ZMVM, son generadas por las fuentes puntuales, su distribución espacial corresponde a la ubicación de las mismas, es decir, en la parte norte de la ZMVM, principalmente en las delegaciones de Azcapotzalco, Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y en las zonas colindantes al DF de los municipios de Tlalnepantla y Naucalpan, que es donde se concentra la mayor actividad industrial (ver Mapa 3.2.2).

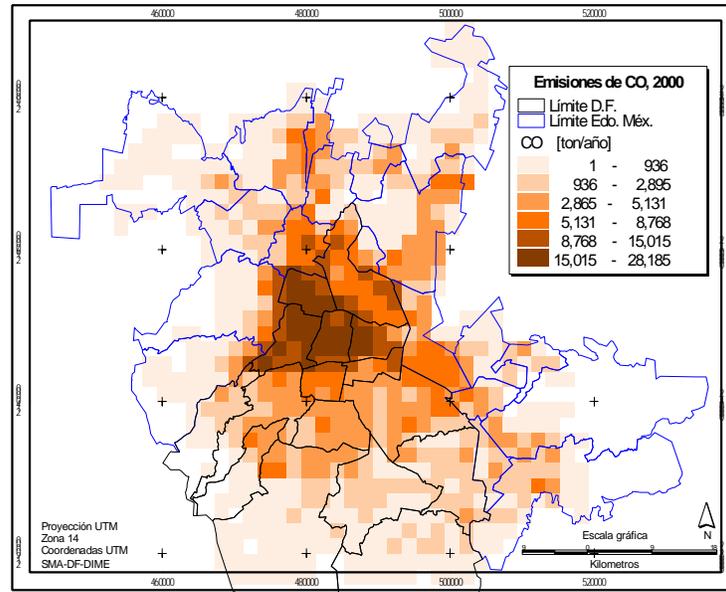
Mapa 3.2.3 Distribución espacial de las emisiones totales de SO₂



De las emisiones de CO, los vehículos automotores emiten el 99%, y la distribución espacial de este contaminante, se ve ligado a la intensidad vehicular de las principales vialidades de la ZMVM; en el

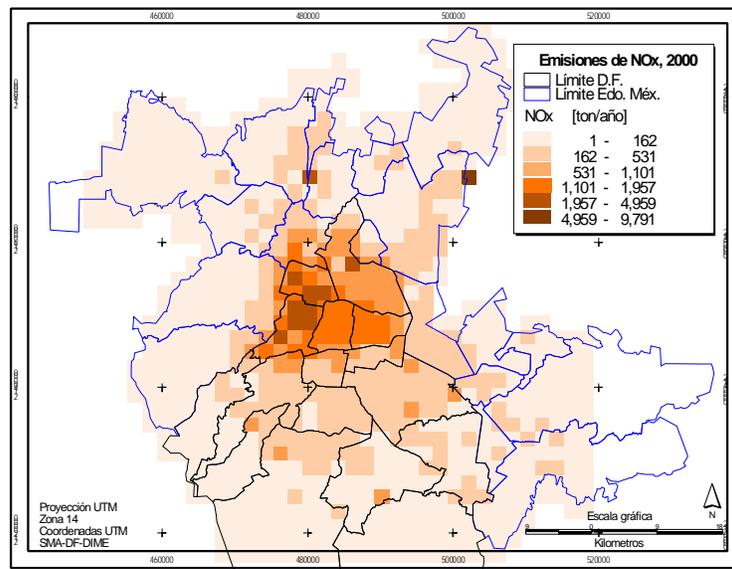
Mapa 3.1.4, se puede observar que en las delegaciones de Azcapotzalco y Miguel Hidalgo, se presentan las zonas de mayor emisión, con más de 15,000 toneladas al año

Mapa 3.1.4 Distribución espacial de las emisiones totales de CO



El Mapa 3.1.5, muestra que la distribución espacial del NOx, sigue un patrón similar a la del CO, éste se concentra en el área urbana y es generado, en primer término por la flota de vehículos particulares y menores de tres toneladas, los cuales, en conjunto representan el 83% del parque vehicular de la ZMVM y generan el 42% de las emisiones de NOx. Otra fuente importante de mencionar son las industrias generadoras de energía eléctrica ubicadas en los municipios de Tultitlán y Acolman en el Estado de México.

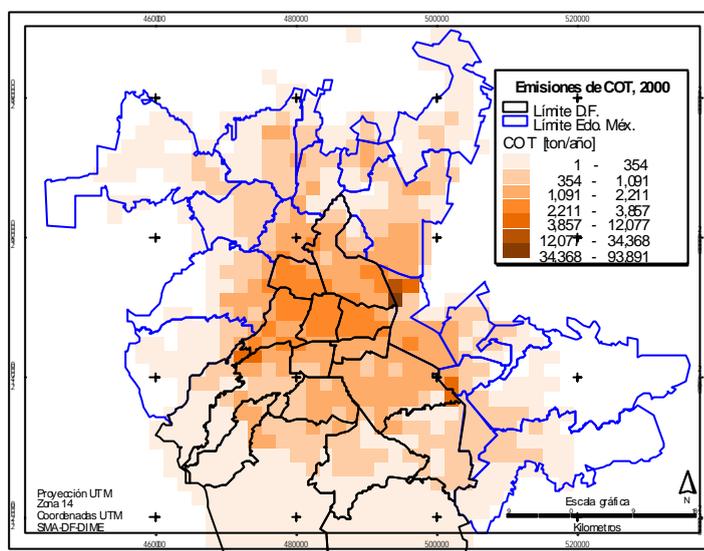
Mapa 3.1.5 Distribución espacial de las emisiones totales de NOx



Las fuentes de área son las que más contribuyen a la generación de COT, en primer lugar con los rellenos sanitarios y en segundo por el uso de solventes; debido a que la mayoría de las emisiones de éstas fuentes son estimadas en forma *per cápita*, la distribución de éste contaminante se concentra

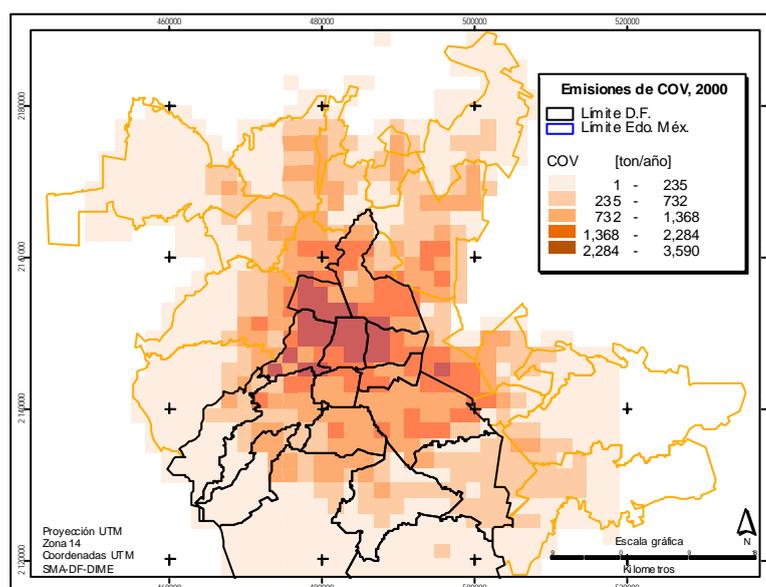
en las áreas de mayor densidad de población. Dado que el 26% de los COT son generados por la disposición de residuos en rellenos sanitarios, la concentración de éste se ubica en Nezahualcoyotl, La Paz y Álvaro Obregón debido a los rellenos: “Bordo Poniente”, “Santa Catarina” y “Prados de la Montaña” respectivamente.

Mapa 3.2.6 Distribución espacial de las emisiones totales de COT



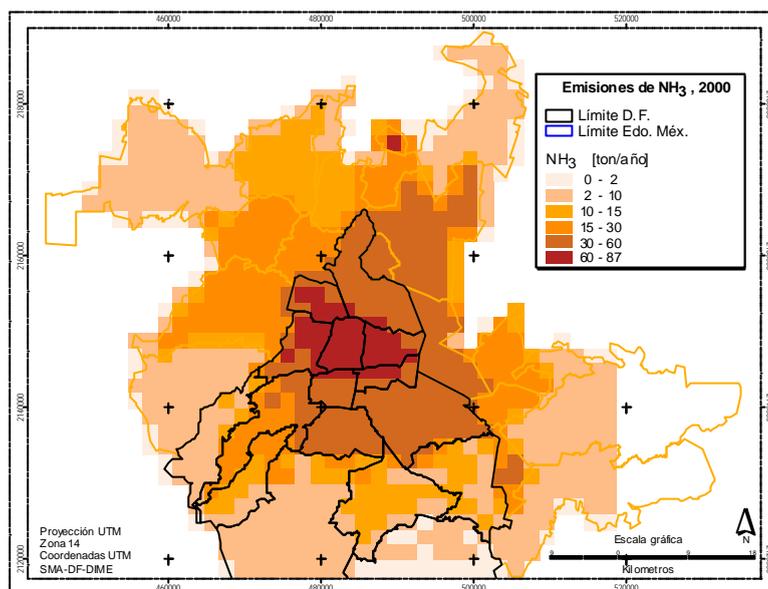
Aun cuando los COV son generados en proporciones similares por las fuentes móviles y las fuentes de área (45% respectivamente), su distribución está ligada a las fuentes móviles, lo cual hace que se distribuyan en forma similar a los NOx y al CO. El área urbana es la que presenta las mayores concentraciones debido al gran flujo vehicular de ésta zona; por lo tanto, se puede mencionar que los mayores valores de emisiones siguen el patrón de distribución de las principales avenidas o de las más transitadas.

Mapa 3.2.7 Distribución espacial de las emisiones totales de COV.



Más del 84% del NH_3 es generado por fuentes domésticas, las cuales incluyen: desechos humanos, de perros y gatos, así como la respiración y transpiración humana, con base en esto se puede decir que la emisión de este contaminante es directamente proporcional a la densidad poblacional, resaltando la delegación Cuauhtémoc.

Mapa 3.2.8 Distribución espacial de las emisiones totales NH_3



En general en los mapas anteriores, se puede apreciar como las mayores emisiones se generan en la zona centro y norte de la ZMVM, esto debido a que es en esas zonas, donde se concentra el área urbana, y la mayor actividad vehicular e industrial.

3.2 EMISIONES ANUALES

A continuación se resumen las emisiones generadas por las fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles y las fuentes naturales. En la Tabla 3.2.1, se puede apreciar que el contaminante más abundante en peso sigue siendo el CO, emitiéndose a la atmósfera más de 2 millones de toneladas al año; de las más de 10.3 mil toneladas de partículas PM₁₀, cerca del 58% corresponden a partículas PM_{2.5}; referente a los COT, se emiten más de 667 mil toneladas y el 27% es CH₄; en el caso de las más de 429 mil toneladas de COV, las fuentes de área y móviles contribuyen con el 91%, casi en la misma proporción; otro de los contaminantes más abundantes en este inventario, siguen siendo los NO_x, se emiten más de 193 mil toneladas y de ellas las fuentes móviles contribuyen con más del 81%; por lo que respecta a las emisiones de amoniaco, que se incluye en este inventario por ser un precursor de partículas, se emiten más de 15 mil toneladas, de las cuales el 84% son emisiones domésticas de amoniaco.

Tabla 3.2.1 Inventario de emisiones anuales de la ZMVM, 2000

Sector	Emisiones [ton /año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	2,809	572	10,288	10,004	24,717	22,794	181	22,010	216
Fuentes de área	509	492	45	6,633	10,636	418,586	168,549	197,803	12,969
Fuentes móviles	5,287	4,589	4,348	2,018,788	157,239	210,816	11,593	194,517	2,261
Vegetación y suelos	1,736	380	N/A	N/A	859	15,425	N/A	15,425	N/A
Total	10,341	6,033	14,681	2,035,425	193,451	667,621	180,323	429,755	15,446

N/A : No Aplica

Tabla 3.2.2 Inventario porcentual de emisiones anuales de la ZMVM, 2000

Sector	Emisiones [%]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	27.2	9.5	70.1	0.5	12.8	3.4	0.1	5.1	1.4
Fuentes de área	4.9	8.2	0.3	0.3	5.5	62.7	93.5	46.0	84.0
Fuentes móviles	51.1	76.0	29.6	99.2	81.3	31.6	6.4	45.3	14.6
Vegetación y suelos	16.8	6.3	N/A	N/A	0.4	2.3	N/A	3.6	N/A
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

N/A. No Aplica

En la Tabla 3.2.3. y Tabla 3.2.4 se desagrega el inventario en peso y porcentaje, respectivamente. En ellas, se observa que el sector transporte sigue emitiendo importantes aportaciones de casi todos los contaminantes: genera el 99% del CO, siendo los mayores emisores los autos particulares con el 40%, seguido por los vehículos menores a tres toneladas con casi el 21% y los taxis con cerca del 11%; por lo que respecta a los NO_x, los autos particulares emiten el 27%, los vehículos de menos de 3 toneladas el 15%, los tractocamiones el 11% y los taxis el 8%; de las emisiones de COV el 18% es emitido por los autos particulares, casi el 8% por los vehículos menores a tres toneladas y el 5% por los taxis; de las partículas PM₁₀, el 20% es emitido por los tractocamiones, el 9% por los autobuses y en igual proporción los autos particulares; de las partículas PM_{2.5}, el 31% lo generan los tractocamiones el 14% los autobuses y el 12% los autos particulares; del SO₂ las fuentes móviles emiten el 30%, donde los autos particulares emiten cerca del 15%.

De los otros sectores, tenemos que en orden de importancia las fuentes de área aportan más del 93% de las emisiones de CH₄, siendo los rellenos sanitarios la categoría donde se emite casi la totalidad de esta emisión, y respecto a las emisiones domésticas de amoniaco, que provienen principalmente de las alcantarillas, la transpiración humana, desechos de perros y de los cigarrillos, las fuentes de

área, generan cerca del 84%; referente a los COV, podemos mencionar que las fuentes de área generan casi el 46%, y sólo por el uso comercial y doméstico de solventes, se emiten más del 12%, por hidrocarburos no quemados el 6% y por fugas de gas LP el 5%, entre los más importantes. Las fuentes puntuales emiten el 70% del SO₂, siendo el subsector de sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico el más emisor con el 16%, seguido por el subsector de la industria textil con el 15%. Por último la vegetación y los suelos emiten el 17% de las partículas PM₁₀ y menos del 4% de los COV.

Tabla 3.2.3 Inventario de emisiones desagregado por sector de la ZMVM, 2000

Sector	Emisiones [ton /año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	2,809	572	10,288	10,004	24,717	22,794	181	22,010	216
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	366	41	1,109	562	1,130	1,414	14	1,384	20
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	350	30	2,213	262	1,307	618	6	611	8
Industria de la madera y productos de madera	130	3	240	85	70	1,019	1	901	1
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	163	78	1,793	649	1,194	5,774	16	5,742	26
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	394	88	2,332	3,380	2,311	7,784	53	7,453	38
Productos minerales no metálicos.*	256	43	768	820	4,350	254	11	191	19
Industrias metálicas básicas	513	34	615	957	1,122	526	6	516	9
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	374	48	973	1,414	1,441	4,656	11	4,643	10
Otras industrias manufactureras	61	5	229	59	166	457	2	423	1
Generación de energía eléctrica	202	202	16	1,816	11,626	292	61	146	84
Fuentes de área	509	492	45	6,633	10,636	418,586	168,549	197,803	12,969
Combustión industrial	192	192	15	2,121	2,524	277	58	139	N/E
Combustión comercial/institucional	37	37	N/S	165	1,198	46	16	29	N/E
Combustión habitacional	118	118	1	520	3,559	142	51	90	N/E
Operación de aeronaves	15	14	N/S	2,366	1,344	1,530	147	1,469	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	45	42	22	244	1,928	81	N/E	80	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/S	N/S	N/E	90	50	21	1	20	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	21,724	N/A	21,463	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,376	N/A	2,347	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23,081	N/A	20,081	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	679	N/A	671	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	30,548	N/A	18,330	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,195	N/A	5,913	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,789	N/A	6,789	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	371	N/A	371	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	77,680	N/A	53,600	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	953	N/A	953	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	N/S	6	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,026	N/S	9,864	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	22,763	2	22,400	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	27,141	2	26,706	N/A
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,479	N/A	4,479	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A	18	N/A
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	175,472	168,240	N/E	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,107	N/A	1,938	N/E
Incendios forestales	72	62	7	665	21	44	32	20	3
Incendio en estructuras	30	27	N/E	462	12	37	N/A	27	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,966
Vegetación y suelos	1,736	380	N/A	N/A	859	15,425	N/A	15,425	N/A
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	859	15,425	N/A	15,425	N/A
Erosión eólica del suelo	1,736	380	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	5,287	4,589	4,348	2,018,788	157,239	210,816	11,593	194,517	2,261
Autos particulares	963	721	2,181	822,645	52,029	85,058	4,427	78,185	1,555
Taxis	245	183	518	215,387	16,091	25,126	1,431	23,096	318
Combis	33	25	93	67,832	3,084	6,571	264	6,040	20
Microbuses	111	94	143	184,435	8,504	17,469	954	16,108	18
Pick up	118	93	256	129,259	9,945	12,955	780	12,233	108
Vehículos < = a 3 ton	558	485	430	419,384	29,915	37,084	2,465	34,165	182
Tractocamiones	2,058	1,893	372	18,955	22,199	7,855	330	7,193	3
Autobuses	949	873	192	10,150	9,256	3,303	133	3,026	1
Vehículos > a 3 ton	213	193	71	117,151	4,118	7,430	416	6,917	20
Motocicletas	26	20	57	28,324	255	5,935	225	5,682	36
Camiones de carga a gas LP	13	9	32	5,248	1,797	1,976	119	1,822	N/S
Vehículos a gas natural	N/S	N/S	3	18	46	54	49	50	N/S
Total	10,341	6,033	14,681	2,035,425	193,451	667,621	180,323	429,755	15,446

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado; *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

Tabla 3.2.4 Inventario de emisiones porcentual desagregado por sector de la ZMVM, 2000

Sector	Emisiones [%]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	27.16	9.48	70.08	0.49	12.78	3.41	0.09	5.12	1.39
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	3.54	0.68	7.55	0.03	0.58	0.21	0.01	0.32	0.13
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	3.38	0.50	15.07	0.01	0.68	0.09	N/S	0.14	0.05
Industria de la madera y productos de madera	1.26	0.05	1.63	N/S	0.04	0.15	N/S	0.21	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1.58	1.29	12.21	0.03	0.62	0.86	0.01	1.34	0.17
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	3.81	1.46	15.88	0.17	1.19	1.17	0.03	1.73	0.25
Productos minerales no metálicos.	2.48	0.71	5.23	0.04	2.25	0.04	0.01	0.04	0.12
Industrias metálicas básicas	4.96	0.56	4.19	0.05	0.58	0.08	N/S	0.12	0.06
Productos metálicos, maquinaria y equipo.	3.62	0.80	6.63	0.07	0.74	0.70	0.01	1.08	0.06
Otras industrias manufactureras	0.59	0.08	1.56	N/S	0.09	0.07	N/S	0.10	N/S
Generación de energía eléctrica	1.95	3.35	0.11	0.09	6.01	0.04	0.03	0.03	0.54
Fuentes de área	4.92	8.16	0.31	0.32	5.50	62.69	93.47	46.01	83.96
Combustión industrial	1.86	3.18	0.10	0.10	1.30	0.04	0.03	0.03	N/E
Combustión comercial/institucional	0.36	0.61	0.01	0.01	0.62	0.01	0.01	0.01	N/E
Combustión habitacional	1.14	1.96	0.01	0.03	1.84	0.02	0.03	0.02	N/E
Operación de aeronaves	0.15	0.23	N/S	0.12	0.69	0.23	0.08	0.34	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.44	0.70	0.15	0.01	1.00	0.01	N/E	0.02	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/S	N/S	N/E	N/S	0.03	N/S	N/S	N/S	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.25	N/A	4.99	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.36	N/A	0.55	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.46	N/A	4.67	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.10	N/A	0.16	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.58	N/A	4.27	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.53	N/A	1.38	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.02	N/A	1.58	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	0.06	N/A	0.09	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11.64	N/A	12.47	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.14	N/A	0.22	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S	N/S	N/S	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.50	N/A	2.30	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.41	N/S	5.21	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.07	N/S	6.21	N/A
Panaderías	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	0.67	N/A	1.04	N/E
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S	N/S	N/S	N/E
Rellenos sanitarios	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	26.28	93.30	N/E	N/A
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.32	N/A	0.45	N/A
Incendios forestales	0.70	1.03	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02	N/S	0.02
Incendio en estructuras	0.29	0.45	N/E	0.02	0.01	0.01	N/S	0.01	N/A
Emisiones domésticas de amoniaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S	N/A	83.94
Vegetación y suelos	16.79	6.30	N/A	N/A	0.44	2.31	N/A	3.59	N/A
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	0.44	2.31	N/A	3.59	N/A
Erosión eólica del suelo	16.79	6.30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	51.13	76.06	29.62	99.18	81.28	31.58	6.43	45.26	14.64
Autos particulares	9.31	11.95	14.86	40.42	26.90	12.74	2.46	18.19	10.07
Taxis	2.37	3.03	3.53	10.58	8.32	3.76	0.79	5.37	2.06
Combis	0.32	0.41	0.63	3.33	1.59	0.98	0.15	1.41	0.13
Microbuses	1.07	1.56	0.97	9.06	4.40	2.62	0.53	3.75	0.12
Pick up	1.14	1.54	1.74	6.35	5.14	1.94	0.43	2.85	0.70
Vehículos <= a 3 ton	5.40	8.04	2.93	20.60	15.46	5.55	1.37	7.95	1.18
Tractocamiones	19.90	31.38	2.53	0.93	11.48	1.18	0.18	1.67	0.02
Autobuses	9.18	14.47	1.31	0.50	4.78	0.49	0.07	0.70	0.01
Vehículos> a 3 ton	2.06	3.20	0.48	5.76	2.13	1.11	0.23	1.61	0.13
Motocicletas	0.25	0.33	0.39	1.39	0.13	0.89	0.12	1.32	0.23
Camiones de carga a gas LP	0.13	0.15	0.22	0.26	0.93	0.30	0.07	0.42	N/S
Vehículos a gas natural	N/S	N/S	0.02	N/S	0.02	0.01	0.03	0.01	N/S
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado; *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

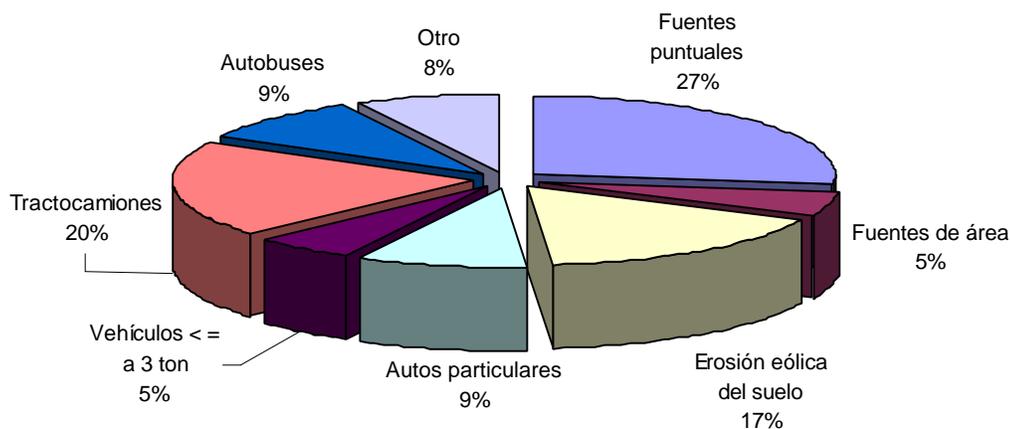
3.3 EMISIONES POR CONTAMINANTE

En la generación de las emisiones totales, no todas las fuentes contribuyen de manera uniforme por tipo de contaminante, algunas tienen mayor peso en la emisión de ciertos contaminantes debido a los procesos que se dan en cada una de ellas, por lo tanto es importante conocer cuáles son los sectores del inventario que tienen una mayor contribución.

Partículas PM₁₀ y PM_{2.5}

Haciendo un análisis de la contribución de los diferentes sectores en la generación de partículas PM₁₀, este contaminante lo emiten en mayor proporción las fuentes móviles, destacando las emisiones de los vehículos a diesel, ya que los tractocamiones y autobuses emiten el 29%; de los vehículos a gasolina destacan las emisiones de los autos particulares con el 9%. Otras fuentes importantes de emisión de este contaminante, son las industrias, las cuales generan el 27%, donde cada una de las ramas industriales contribuyen casi en forma igual con las emisiones. La aportación de las fuentes de área y erosión eólica del suelo en su conjunto suman poco más del 22%. La Gráfica 3.3.1. muestra lo anterior.

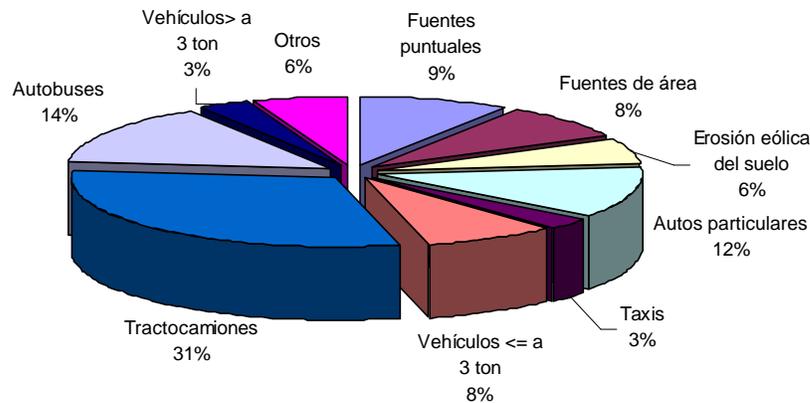
Gráfica 3.3.1 Distribución porcentual de PM₁₀ por tipo de fuente



Nota: En otros, se incluyeron a las fuentes móviles, tales como vehículos mayores a 3 ton, combis, pick up, microbuses, motocicletas camiones a gas LP/ gas natural y taxis.

En el caso de partículas PM_{2.5}, el comportamiento se acentúa aún más en las fuentes móviles, estas generan el 76%, en donde los tractocamiones, autobuses y autos particulares aportan el 31%, 14% y 12% respectivamente. Las fuentes puntuales contribuyen con un 9% y la erosión eólica del suelo aporta el 6% de las partículas PM_{2.5}, las fuentes de área en su conjunto aportan un 8%, en donde la combustión industrial y habitacional genera más del 63% de esta emisión, en la Gráfica 3.3.2. se muestra lo anterior.

Gráfica 3.3.2 Distribución porcentual de PM_{2.5} por tipo de fuente

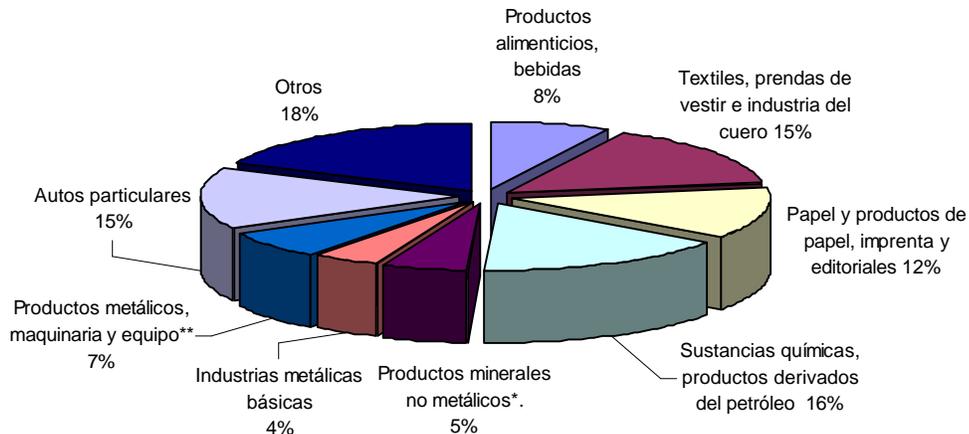


Nota: En otros, se incluyen las fuentes móviles, como combis, pick up, microbuses, motocicletas, y camiones de carga a gas LP.

Bióxido de azufre

Respecto al SO₂, la principal fuente de emisión de bióxido de azufre, son las fuentes puntuales y las fuentes móviles, estas generan más del 70% y el 30% respectivamente. Dentro de las fuentes puntuales, las industrias que más contribuyen en la emisión de este contaminante, son los giros de sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico (16%), textiles prendas de vestir e industria del cuero (15%), papel y productos de papel, imprenta y editoriales (12%), en las fuentes móviles la que más aporta son los autos particulares (15%).

Gráfica 3.3.3 Distribución porcentual de bióxido de azufre por tipo de fuente

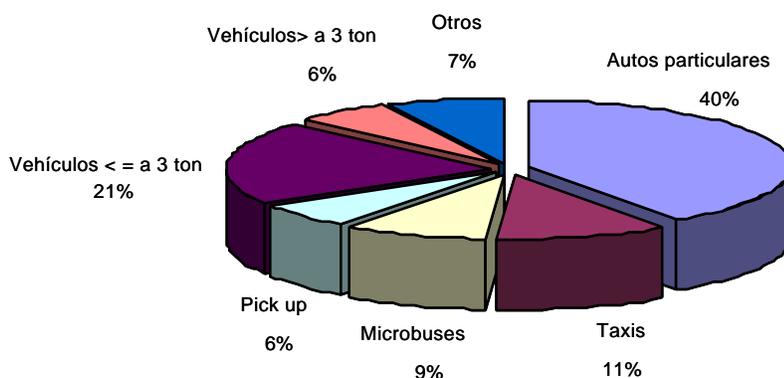


Nota: En otros, se incluyen la industria de la madera, otras industrias manufactureras, y la generación de energía eléctrica, así como todas las fuentes de área con una aportación menor del 1% y a la mayoría de las fuentes móviles *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

Monóxido de carbono

Según lo muestra la Gráfica 3.3.4 el 40% del CO, es emitido por los autos particulares, el 21% por los vehículos menores o iguales a 3 ton, y el 11% por los taxis, lo que indica una clara tendencia de hacia donde se encuentra concentrada la emisión del CO, el 99% de estas emisiones corresponden a fuentes móviles, por lo tanto las fuentes puntuales y las de área no tienen un valor significativo para este contaminante.

Gráfica 3.3.4 Distribución porcentual de monóxido de carbono por tipo de fuente

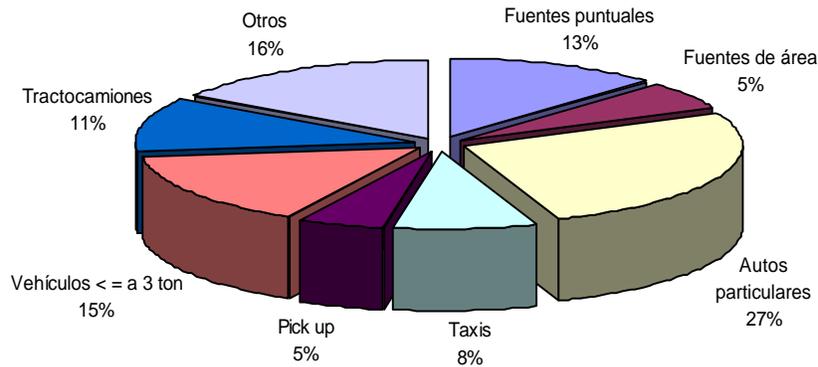


Nota: Dentro de otros, se incluye a las fuentes puntuales y a las fuentes de área que contribuyen en conjunto con menos del 1%, y algunas fuentes móviles con una aportación menor al 3.3%.

Óxidos de nitrógeno

En las emisiones de óxidos de nitrógeno, tenemos que las fuentes móviles contribuyen con más del 81%, el cual se distribuye principalmente, entre los autos particulares con un 27%, los vehículos menores o iguales a 3 ton con un 15%, los tractocamiones con el 11%, los taxis con el 8% y las pick up con un 5%. Sin embargo las fuentes puntuales pueden considerarse también como emisoras de óxido de nitrógeno ya que en conjunto emiten el 13% de los NO_x, siendo la generación de energía eléctrica la que más contribuye con el 6% y la de productos minerales no metálicos con el 2%. Las fuentes de área en este contaminante no tienen mayor impacto, puesto que la emisión total es de un 5% distribuida entre, la combustión habitacional e industrial principalmente. Otra fuente que tampoco tiene gran impacto es vegetación y suelos ya que su aporte es menor al 0.5%, ver Gráfica 3.3.5.

Gráfica 3.3.5 Distribución porcentual de óxidos de nitrógeno por tipo de fuente



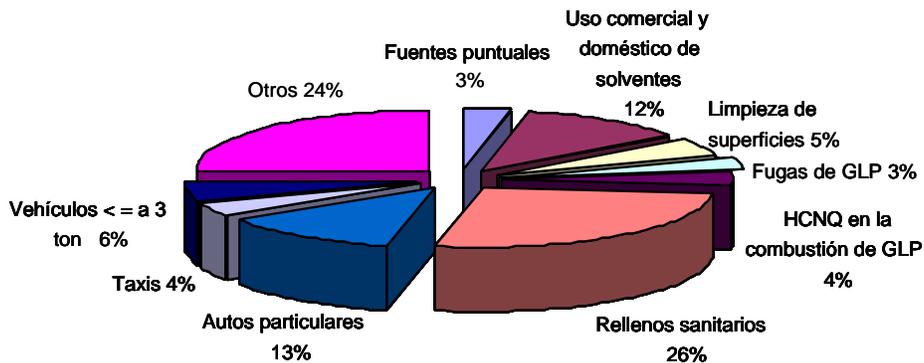
Nota: En otros, se incluye a la vegetación y suelos que contribuyen con menos del 1% de la emisión y algunas fuentes móviles que en conjunto generan más del 14% de las emisiones.

Compuestos orgánicos totales

Los compuestos orgánicos totales tienen en las fuentes de área su mayor emisión 63%, siendo los principales emisores los rellenos sanitarios (26%) y el uso comercial y doméstico de solventes (12%), sin embargo existen otras fuentes de área que contribuye con un menor porcentaje de este contaminantes, por ejemplo las fugas, y la combustión de gas licuado de petróleo, el lavado en seco y el recubrimiento de superficies. Las fuentes móviles contribuyen con el 32%, concentrando la emisión en los autos particulares (13%), seguidos por los vehículos menores o iguales a 3 ton (6%), y por los taxis (4%).

Lo que son las fuentes puntuales no tienen mayor peso, tan solo el 3% del total y la emisión se encuentra distribuida casi uniformemente en todas las actividades que la conforman. En la Gráfica 3.3.6 se muestra la distribución de los compuestos orgánicos totales.

Gráfica 3.3.6 Distribución porcentual de compuestos orgánicos totales por tipo de fuente

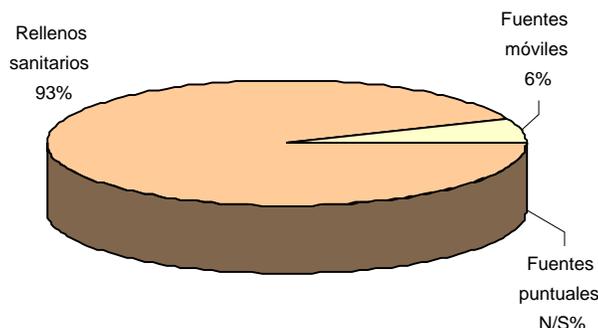


Nota: Se consideró, dentro de otros a la vegetación y suelos que generan el 2% de los COV, algunas fuentes móviles contribuyen con cerca del 10% de las emisiones totales de COV, y las fuentes de área que no están especificadas en el gráfico.

Metano

A diferencia de las emisiones de COT, las emisiones de metano se concentran casi en su totalidad por los rellenos sanitarios emitiendo el 93% de este contaminante, de los otros sectores podemos mencionar que las fuentes móviles contribuyen con el 6%, y la contribución de las fuentes fijas y de los otros sectores de las fuentes de área no son relevantes, Gráfica 3.3.7.

Gráfica 3.3.7 Distribución porcentual de metano por tipo de fuente

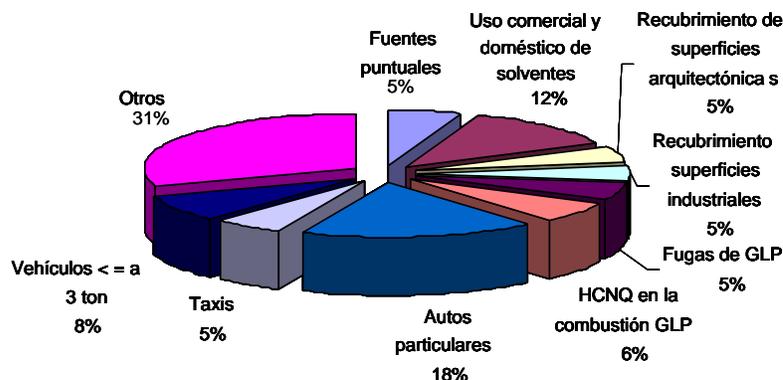


Nota: Las fuentes puntuales aportan el 0.1%, la operación y recarga de aeronaves, la combustión institucional, y los incendios en conjunto el 0.17%.

Compuestos orgánicos volátiles

Para el presente inventario se calcularon las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles ya que en ellas se agrupan las especies de compuestos reactivos que contribuyen a la formación del ozono, que es uno de los contaminantes más importantes en la ZMVM, debido a que se rebasa en más del 80% de los días del año su norma de calidad del aire. La emisión mayor de los COV es generada por los autos particulares 18%, seguido por la subcategoría de uso comercial y doméstico de solventes con un 12%, los vehículos de menos de tres toneladas un 8%, los hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP con un 6% y las fuentes puntuales que aportan un 5%, los taxis, las fugas de gas LP, recubrimiento en superficies arquitectónicas y recubrimiento de superficies industriales con un 5% cada una Gráfica 3.3.8.

Gráfica 3.3.8 Distribución porcentual de compuestos orgánicos volátiles por tipo de fuente

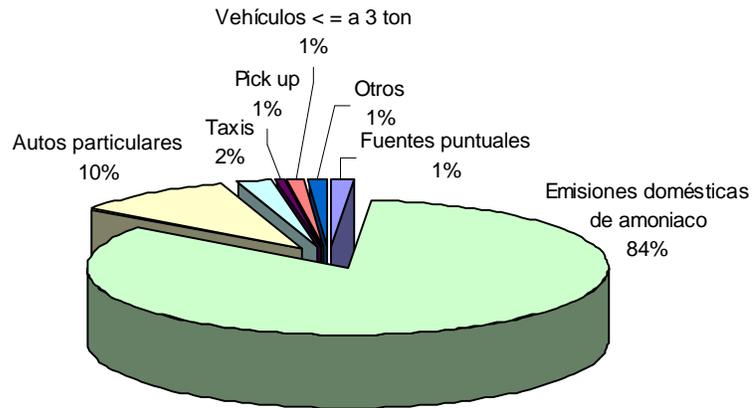


Nota: En otros, se incluyen algunas fuentes de área como la limpieza de superficies, el lavado en seco, las panaderías las artes gráficas, la aplicación de asfalto entre otras; también se considero la vegetación y el suelo, en fuentes móviles se encuentran combis, microbuses pick up, autobuses, etc. que en total aportan el 30% restante.

Amoniaco

Referente a las emisiones de amoniaco, tenemos que las más relevantes son las que se generan en las actividades domésticas y por el uso de autos particulares, estas aportan el 84% y el 10% respectivamente, Gráfica 3.3.9.

Gráfica 3.3.9 Distribución porcentual de amoniaco por tipo de fuente



Nota: En otros, se consideraron incendios forestales, plaguicidas y fertilizantes, combis, microbuses, vehículos mayores a 3 ton, tractocamiones, autobuses, etc.

3.4 EMISIONES POR ENTIDAD

Es importante realizar un análisis de las emisiones por entidad federativa, esto con el fin de resaltar el aporte a cada sector por entidad, en la tabla siguiente se puede observar la emisión por contaminante y la generación de ellos en cada entidad federativa; en las fuentes puntuales el Estado de México contribuye con mayores emisiones en los contaminantes: PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, NO_x, CH₄ y NH₃; el Distrito federal presenta mayores emisiones en: COT y COV; en el sector fuentes de área, el Estado de México es el mayor emisor en casi todos los contaminantes, excepto en CO, COV y NH₃. Por lo que respecta a las fuentes móviles la mayor emisión de todos los contaminantes se generan en el Distrito Federal, a diferencia del sector de vegetación y suelos se emiten en mayor cantidad todos los contaminantes en el Estado de México, Tabla 3.4.1.

Tabla 3.4.1 Inventario de emisiones porcentual por entidad, 2000

Contaminante	Fuentes puntuales			Fuentes de área			Fuentes móviles			Vegetación y suelos		
	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM
	[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]	
PM ₁₀	2,809	38	62	509	44	56	5,287	73	27	1,736	3	97
PM _{2.5}	572	22	78	492	43	57	4,589	72	28	380	3	97
SO ₂	10,288	34	66	45	38	62	4,348	64	36	N/A	N/A	N/A
CO	10,004	13	87	6,633	61	39	2,018,788	65	35	N/A	N/A	N/A
NO _x	24,717	16	84	10,636	48	52	157,239	73	27	859	15	85
COT	22,794	53	47	418,586	35	65	210,816	67	33	15,425	30	70
CH ₄	181	34	66	168,549	12	88	11,593	67	33	N/A	N/A	N/A
COV	22,010	54	46	197,803	52	48	194,517	67	33	15,425	30	70
NH ₃	216	21	79	12,969	51	49	2,261	82	18	N/A	N/A	N/A

N/A: No Aplica

3.4.1 Distrito Federal

En las tablas siguientes se puede observar las emisiones totales en toneladas al año y en porciento para cada uno de los sectores emisores del Distrito Federal, esta forma de presentación permite conocer la contribución de cada sector para cada uno de los contaminantes, y por medio de este análisis se pueden diseñar políticas de prevención y control de emisiones en los sectores más contaminantes de esta entidad.

Tabla 3.4.2 Inventario de emisiones del Distrito Federal, 2000

Sector	Emisiones [ton /año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	1,059	126	3,538	1,322	3,863	12,190	61	11,906	46
Fuentes de área	225	214	17	4,040	5,142	145,139	19,661	101,880	6,573
Vegetación y suelos	53	11	N/A	N/A	125	4,666	N/A	4,666	N/A
Fuentes móviles	3,836	3,326	2,772	1,303,685	114,641	140,905	7,752	130,124	1,860
Total	5,173	3,677	6,327	1,309,047	123,771	302,900	27,474	248,576	8,479

N/A : No Aplica

Tabla 3.4.3 Inventario de emisiones porcentual del Distrito Federal, 2000

Sector	Emisiones [%]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	20.5	3.4	55.9	0.1	3.1	4.0	0.2	4.8	0.6
Fuentes de área	4.4	5.8	0.3	0.3	4.2	47.9	71.6	41.0	77.5
Vegetación y suelos	1.0	0.3	N/A	N/A	0.1	1.6	N/A	1.9	N/A
Fuentes móviles	74.1	90.5	43.8	99.6	92.6	46.5	28.2	52.3	21.9
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Nota: Los porcentajes puede no sumar 100 por el redondeo de las decimales.

N/A. No Aplica

Las Tabla 3.4.4 y Tabla 3.4.5, presentan una desagregación por subsector, para el caso de las fuentes puntuales, por subcategoría para las fuentes de área y por tipo de vehículo para fuentes móviles, con lo cual se identifica a más detalle los generadores de emisiones en toneladas al año y en forma porcentual para el Distrito Federal.

Tabla 3.4.4 Inventario de emisiones desagregado por sector del Distrito Federal, 2000

Sector	Emisiones [ton /año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	1,059	126	3,538	1,322	3,863	12,190	61	11,906	46
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	269	23	360	306	465	815	6	803	15
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	79	10	375	71	270	307	3	303	3
Industria de la madera y productos de madera	75	N/S	4	9	7	415	N/S	374	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	58	18	579	126	349	4,837	3	4,830	5
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	179	30	1,118	183	622	3,046	39	2,884	10
Productos minerales no metálicos.*	147	8	278	103	660	82	2	66	5
Industrias metálicas básicas	51	19	392	193	909	124	2	121	3
Productos metálicos, maquinaria y equipo.**	148	12	343	272	369	2,145	4	2,139	3
Otras industrias manufactureras	50	3	89	27	109	415	1	384	1
Generación de energía eléctrica	3	3	N/S	32	103	4	1	2	1
Fuentes de área	225	214	17	4,040	5,142	145,139	19,661	101,880	6,573
Combustión industrial	36	36	3	393	467	51	11	26	N/E
Combustión comercial/institucional	23	23	N/S	101	734	28	10	18	N/E
Combustión habitacional	66	66	1	285	1,853	78	27	49	N/E
Operación de aeronaves	15	14	N/S	2,366	1,344	1,530	147	1,469	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	16	15	8	85	672	28	N/E	28	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/S	N/S	N/E	90	50	21	1	20	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11,015	N/A	10,883	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,205	N/A	1,190	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11,703	N/A	10,182	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	344	N/A	340	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,489	N/A	9,294	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,169	N/A	2,998	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,442	N/A	3,442	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	188	N/A	188	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	39,386	N/A	27,177	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	644	N/A	644	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	N/S	6	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,776	N/S	4,699	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11,997	1	11,805	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	14,303	1	14,074	N/A
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,271	N/A	2,271	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	17	N/A	17	N/A
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	20,275	19,440	N/E	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,121	N/A	1,031	N/E
Incendios forestales	54	46	5	486	16	33	23	15	3
Incendio en estructuras	15	14	N/E	234	6	19	N/A	14	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,570
Vegetación y suelos	53	11	N/A	N/A	125	4,666	N/A	4,666	N/A
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	125	4,666	N/A	4,666	N/A
Erosión eólica del suelo	53	11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	3,836	3,326	2,772	1,303,685	114,641	140,905	7,752	130,124	1,860
Autos particulares	685	512	1,375	460,229	34,792	49,763	2,590	45,742	1,260
Taxis	220	164	444	182,459	14,344	21,603	1,230	19,857	299
Combis	5	4	10	9,895	450	958	38	881	4
Microbuses	36	27	70	116,433	5,301	10,986	614	10,133	9
Pick up	48	37	94	53,921	4,300	5,553	334	5,413	66
Vehículos <= a 3 ton	347	293	330	383,364	27,191	33,653	2,088	30,999	173
Tractocamiones	1,611	1,482	233	14,448	17,377	6,128	256	5,543	2
Autobuses	738	679	125	6,301	7,278	2,519	100	2,281	1
Vehículos > a 3 ton	113	103	15	47,789	1,947	3,081	172	2,938	12
Motocicletas	23	18	48	24,673	233	5,043	191	4,845	34
Camiones de carga a gas LP	10	7	25	4,155	1,383	1,566	92	1,444	N/S
Vehículos a gas natural	N/S	N/S	3	18	45	52	47	48	N/S
Total	5,173	3,677	6,327	1,309,047	123,771	302,900	27,474	248,576	8,479

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado; *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

Tabla 3.4.5 Inventario de emisiones porcentual desagregado por sector del Distrito Federal, 2000

Sector	Emisiones [%]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	20.47	3.43	55.92	0.10	3.12	4.02	0.22	4.79	0.54
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	5.20	0.63	5.69	0.02	0.38	0.27	0.02	0.32	0.18
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	1.53	0.27	5.93	0.01	0.22	0.10	0.01	0.12	0.04
Industria de la madera y productos de madera	1.45	N/S	0.06	N/S	N/S	0.14	N/S	0.15	N/S
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1.12	0.49	9.15	0.01	0.28	1.60	0.01	1.94	0.06
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	3.46	0.82	17.67	0.01	0.50	1.01	0.14	1.16	0.12
Productos minerales no metálicos *	2.84	0.22	4.39	0.01	0.53	0.03	0.01	0.03	0.06
Industrias metálicas básicas	0.99	0.52	6.20	0.01	0.73	0.04	0.01	0.05	0.04
Productos metálicos, maquinaria y equipo **	2.86	0.33	5.42	0.02	0.30	0.71	0.01	0.86	0.04
Otras industrias manufactureras	0.97	0.08	1.41	0.00	0.09	0.14	N/S	0.15	0.01
Generación de energía eléctrica	0.06	0.08	N/S	N/S	0.08	N/S	N/S	N/S	0.01
Fuentes de área	4.35	5.82	0.27	0.31	4.15	47.91	71.55	40.98	77.52
Combustión industrial	0.70	0.98	0.05	0.03	0.38	0.02	0.04	0.01	N/E
Combustión comercial/institucional	0.44	0.63	N/S	0.01	0.59	0.01	0.04	0.01	N/E
Combustión habitacional	1.28	1.79	0.02	0.02	1.50	0.03	0.10	0.02	N/E
Operación de aeronaves	0.29	0.38	N/S	0.18	1.09	0.51	0.54	0.59	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.31	0.41	0.13	0.01	0.54	0.01	N/E	0.01	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/S	N/S	N/E	0.01	0.04	0.01	N/S	0.01	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.64	N/A	4.38	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.40	N/A	0.48	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.86	N/A	4.10	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.11	N/A	0.14	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5.11	N/A	3.74	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.71	N/A	1.21	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.14	N/A	1.38	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	0.06	N/A	0.08	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	13.00	N/A	10.93	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.21	N/A	0.26	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S	N/S	N/S	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.58	N/S	1.89	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.96	N/S	4.75	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.72	N/S	5.66	N/A
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.75	N/A	0.91	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.01	N/A	0.01	N/A
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	6.69	70.76	N/E	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.37	N/A	0.41	N/E
Incendios forestales	1.04	1.25	0.08	0.04	0.01	0.01	0.08	0.01	0.04
Incendio en estructuras	0.29	0.38	N/E	0.02	N/S	0.01	N/A	0.01	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	77.49
Vegetación y suelos	1.02	0.30	N/A	N/A	0.10	1.54	N/A	1.88	N/A
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	0.10	1.54	N/A	1.88	N/A
Erosión eólica del suelo	1.02	0.30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	74.15	90.45	43.84	99.59	92.62	46.52	28.22	52.35	21.94
Autos particulares	13.24	13.92	21.73	35.16	28.11	16.43	9.43	18.40	14.86
Taxis	4.25	4.46	7.02	13.94	11.59	7.13	4.48	7.99	3.53
Combis	0.10	0.11	0.16	0.76	0.36	0.32	0.14	0.35	0.05
Microbuses	0.70	0.73	1.11	8.89	4.28	3.63	2.23	4.08	0.11
Pick up	0.93	1.01	1.49	4.12	3.47	1.83	1.22	2.18	0.78
Vehículos <= a 3 ton	6.71	7.97	5.22	29.29	21.97	11.11	7.60	12.47	2.04
Tractocamiones	31.14	40.30	3.68	1.10	14.04	2.02	0.93	2.23	0.02
Autobuses	14.27	18.47	1.98	0.48	5.88	0.83	0.36	0.92	0.01
Vehículos > a 3 ton	2.18	2.80	0.24	3.65	1.57	1.02	0.63	1.18	0.14
Motocicletas	0.44	0.49	0.76	1.88	0.19	1.66	0.70	1.95	0.40
Camiones de carga a gas LP	0.19	0.19	0.40	0.32	1.12	0.52	0.33	0.58	N/S
Vehículos a gas natural	N/S	N/S	0.05	N/S	0.04	0.02	0.17	0.02	N/S
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

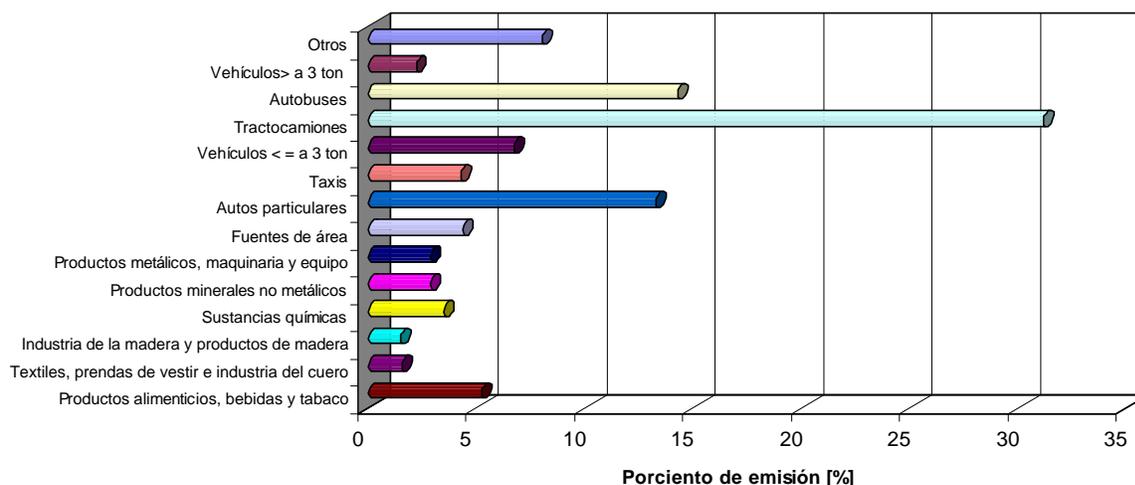
N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado; *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

3.4.2 Emisiones por contaminante

Partículas PM₁₀

Las categorías con mayor generación de PM₁₀ en el Distrito Federal son: los tractocamiones que generan más del 31 % de las emisiones, esto se debe a que el combustible que consumen es diesel, además de que como se puede ver en el apartado de fuentes móviles en su gran mayoría son vehículos muy antiguos que no cuentan con tecnologías de control, le siguen en conjunto las fuentes puntuales con el 20%, en tercer lugar se tienen las emisiones generadas por los autobuses con el 14%, y con el 13% los autos particulares.

Gráfica 3.4.1 Distribución de las emisiones de PM₁₀ por tipo de fuente

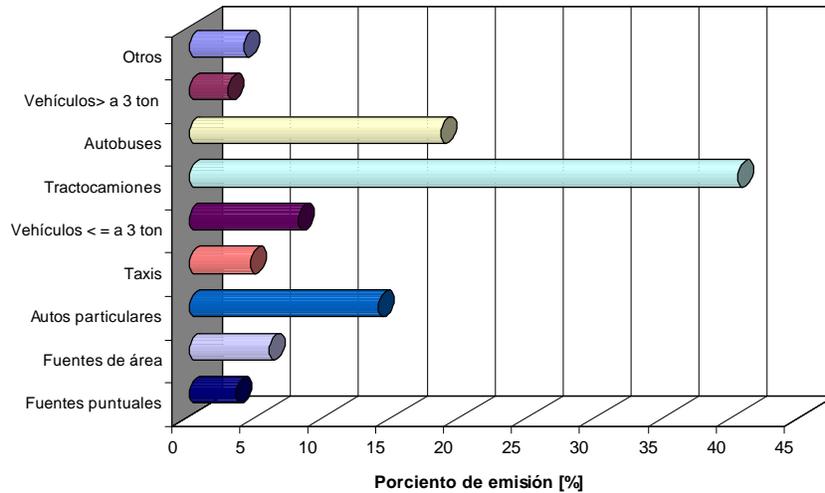


Nota: En otros, incluyen todas las fuentes de área, algunas fuentes puntuales y las fuentes móviles como combis, microbuses, vehículos mayores a 3 toneladas, motocicletas entre otros.

Partículas PM_{2.5}

En este inventario por primera vez se reportan las emisiones de partículas PM_{2.5} y al igual que las partículas PM₁₀, se puede observar como el principal generador a los tractocamiones, con el 40%, le siguen los autobuses con 18% y con el 14% los autos particulares, en estas emisiones se puede apreciar que de las PM₁₀ generadas en los procesos de combustión interna de las fuentes móviles, la gran mayoría son partículas menores a PM_{2.5}.

Gráfica 3.4.2 Distribución de las emisiones de PM_{2.5} por tipo de fuente

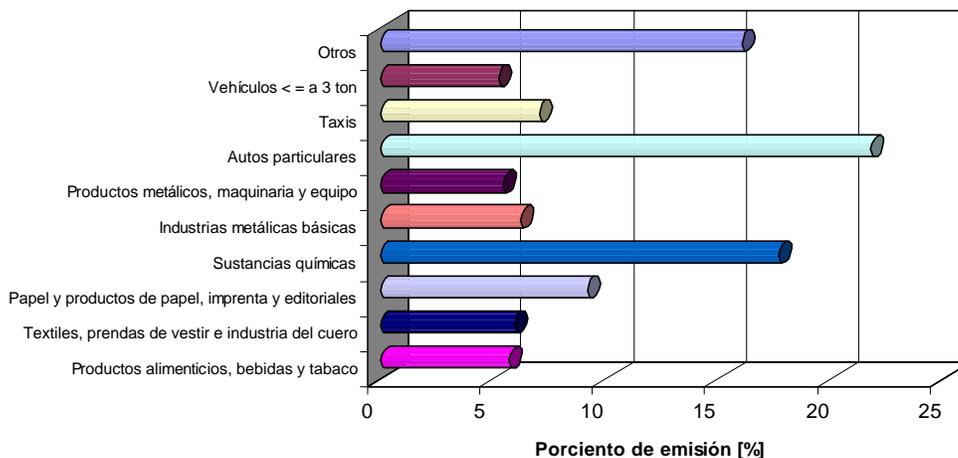


Nota: En otros, se incluyen algunas fuentes móviles como combis, microbuses, pick up, motocicletas y camiones de carga a gas LP, así como la vegetación y suelos.

Bióxido de azufre

En el Distrito Federal las emisiones de SO₂, en su gran mayoría son aportadas por las fuentes puntuales, destacando por su magnitud, el sector de la industria de sustancias química (18%), seguida por la industria papelera (9%), sin embargo en conjunto las fuentes móviles contribuyen con el 44%, destacando las emisiones de los autos particulares (22%).

Gráfica 3.4.3 Distribución de las emisiones de SO₂ por tipo de fuente

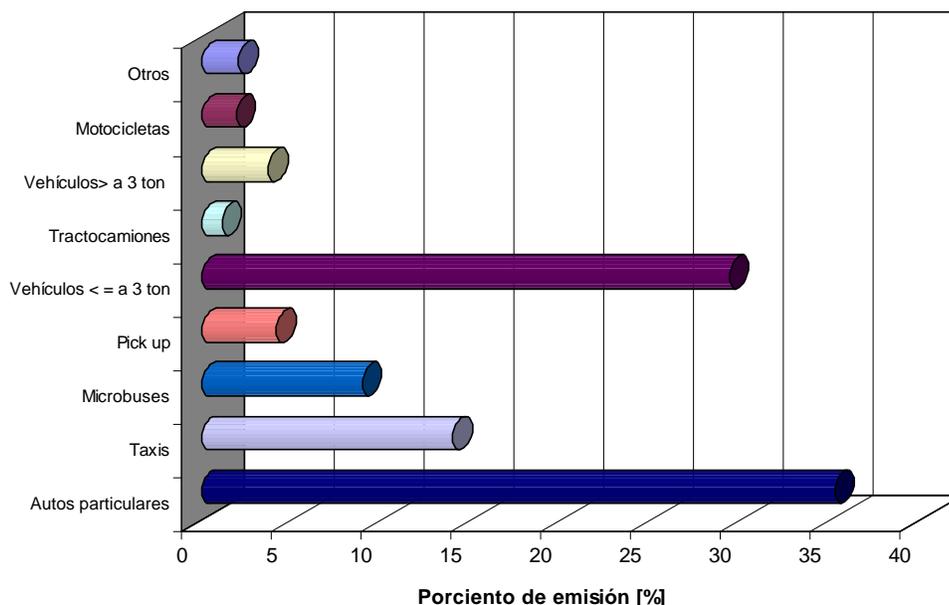


Nota: Dentro de otros, se incluyen a la industria de la madera, generación de energía eléctrica, productos minerales no metálicos y otras industrias manufactureras, todas las fuentes de área y todas las fuentes móviles a excepción de los autos particulares y los vehículos menores o igual a 3 toneladas y taxis.

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es emitido casi en su totalidad (99%) por las fuentes móviles. Dentro de estas, los principales generadores son los autos particulares (35%), los vehículos menores a 3 toneladas (29%) y los taxis (14%), los cuales en conjunto emiten al año más de 1 millón de toneladas de este contaminante.

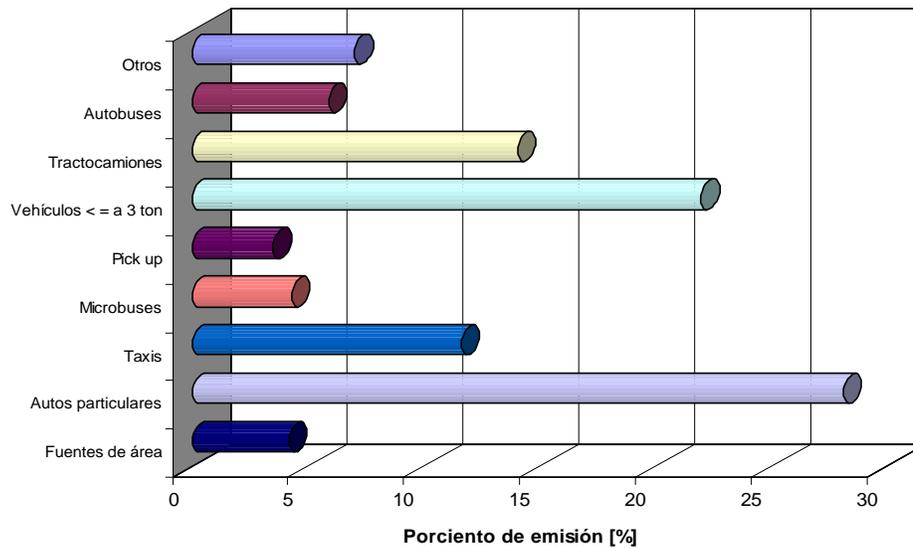
Gráfica 3.4.4 Distribución de las emisiones de CO por tipo de fuente



Óxidos de nitrógeno

Las emisiones de este contaminante están asociadas a las fuentes móviles, esto se refleja en la gráfica 3.4.5, donde se observa que los autos particulares aportan el 28%, los vehículos de menos de tres toneladas el 22%, los tractocamiones el 14%, los taxis el 12% y los autobuses con el 6%. Los primeros dos emisores, aunque son vehículos que utilizan como combustible gasolina, registran mayores emisiones, debido al gran número de unidades, los tractocamiones y los autobuses aunque en número, son menos que los autos particulares, las emisiones de este contaminante están asociadas al diesel que consumen como combustible y los taxis aunque utilizan como combustible la gasolina, tienen grandes emisiones debido a la actividad a que se someten diariamente.

Gráfica 3.4.5 Distribución de las emisiones de NO_x por tipo de fuente

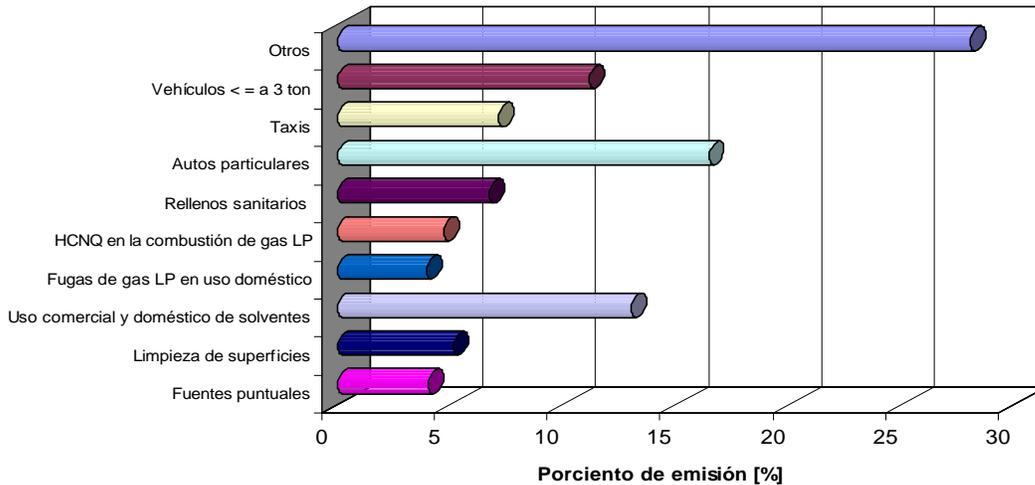


Nota: Dentro de otros, se incluyeron las fuentes puntuales, la vegetación y de fuentes móviles a las combis, las motocicletas, los camiones de carga a gas LP, los vehículos de GNC y los vehículos mayores a 3 toneladas.

Compuestos orgánicos totales

La gráfica siguiente muestra la contribución de COT, en ella se observa que las mayores emisiones se generan en las fuentes de área con un 48%, le siguen en importancia las fuentes móviles con 47% y de estas últimas las que más aportan son los autos particulares.

Gráfica 3.4.6 Distribución de las emisiones de COT por tipo de fuente



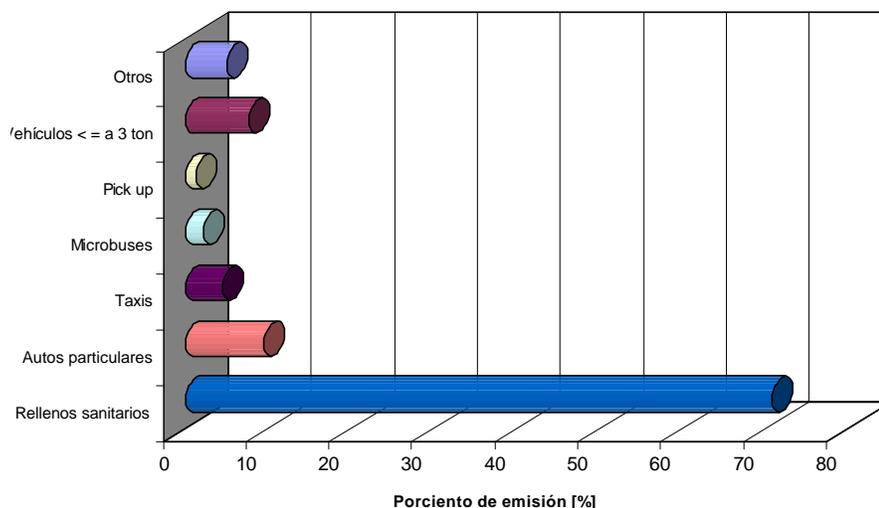
Nota: En otros, se incluye a las fuentes puntuales, algunas fuentes de área y casi todas las fuentes móviles a excepción de los autos particulares, los taxis y los vehículos menores o iguales a 3 toneladas

Metano

El metano en el Distrito Federal se concentra en un sitios de disposición clausurado en 1994, este es Prados de la Montaña localizado en Álvaro Obregón, este solo emisor genera 19,440 toneladas al

año lo que representa el 71 % de la emisión para el contaminante. La fracción restante lo aporta fuentes móviles, autos particulares (9%), vehículos menores o iguales a tres toneladas (8%) y taxis con el 4%.

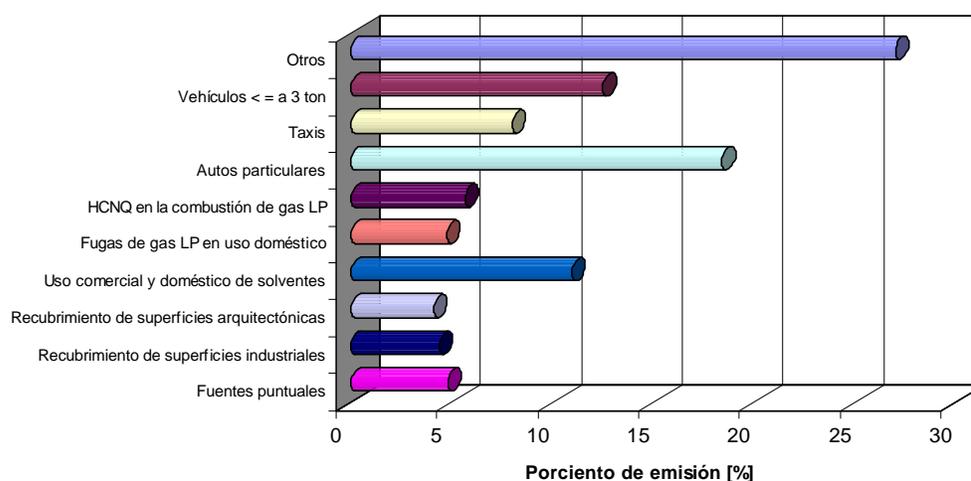
Gráfica 3.4.7 Distribución de las emisiones de CH₄ por tipo de fuente



Compuestos orgánicos volátiles

Debido a que este inventario será utilizado para la modelación de emisiones, se están reportando las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, siendo el mayor emisor de estos compuestos, los autos particulares, los cuales contribuyen con el 18%, seguido por los vehículos de menos de tres toneladas que contribuyen con el 12%, el uso comercial y doméstico de solventes con el 11%, los vehículos utilizados como taxis con el 8%, los hidrocarburos no quemados en la combustión con el 6% y las fugas de gas LP con el 5%.

Gráfica 3.4.8 Distribución de las emisiones de COV por tipo de fuente

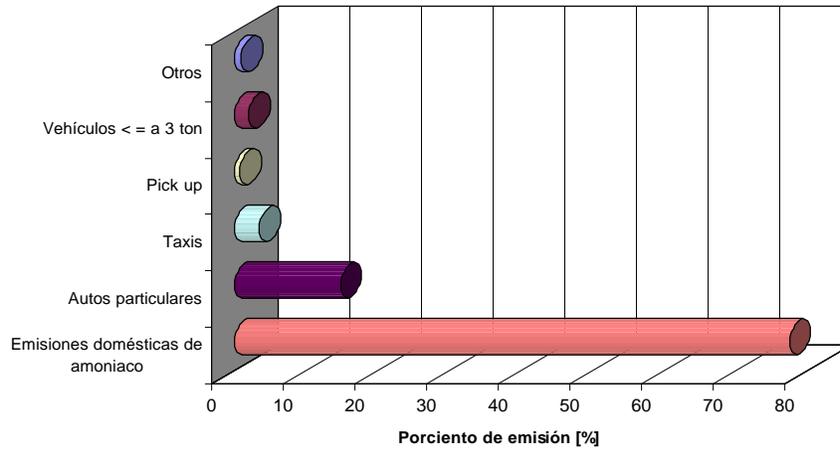


Nota: La categoría clasificada como otros, incluye algunas fuentes de área y casi todas las fuentes móviles a excepción de los autos particulares, los taxis y los vehículos menores o iguales a 3 toneladas.

Amoniaco

Por lo que se refiere a este contaminante, en el Distrito Federal la mayor emisión la generan las emisiones domésticas de amoniaco (77%), otro contribuyente a estas emisiones son los autos particulares con el 15%.

Gráfica 3.4.9 Distribución de las emisiones de NH₃ por tipo de fuente



Nota: En otros, se incluyeron todas las fuentes puntuales, la mayoría de las fuentes de área excepto las emisiones domésticas de amoniaco. También se encuentra la mayor parte de fuentes móviles, exceptuando los autos particulares, los taxis, las pick up's y los vehículos menores o iguales a 3 toneladas.

3.4.3 Estado de México

En las tablas siguientes se puede observar las emisiones desagregadas en toneladas al año y en porcentaje para cada uno de los sectores en el Estado de México, esta forma de presentación permite conocer la contribución de cada sector en cada uno de los contaminantes de esta entidad, y por medio de este análisis se pueden diseñar políticas prevención y control de emisiones en los sectores más emisores del Estado de México.

Tabla 3.4.6 Inventario de emisiones de los municipios Conurbados del Estado de México, 2000

Sector	Emisiones [ton /año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170
Fuentes de área	284	278	28	2,593	5,494	273,447	148,888	95,923	6,396
Vegetación y suelos	1,683	369	N/A	N/A	734	10,759	N/A	10,759	N/A
Fuentes móviles	1,451	1,263	1,576	715,103	42,598	69,911	3,841	64,393	401
Total	5,168	2,356	8,354	726,378	69,680	364,721	152,849	181,179	6,967

N/A : No Aplica

Tabla 3.4.7 Inventario de emisiones de los municipios Conurbados del Estado de México, 2000

Sector	Emisiones [%]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	33.9	18.9	80.8	1.2	29.9	2.9	0.1	5.6	2.4
Fuentes de área	5.5	11.8	0.3	0.4	7.9	75.0	97.4	52.9	91.8
Vegetación y suelos	32.5	15.7	N/A	N/A	1.1	2.9	N/A	6.0	N/A
Fuentes móviles	28.1	53.6	18.9	98.4	61.1	19.2	2.5	35.5	5.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

N/A. No Aplica

En la Tabla 3.4.8 y Tabla 3.4.9 se presenta una desagregación por subsector para el caso de las fuentes puntuales, por subcategoría para las fuentes de área y por tipo de vehículo para fuentes móviles, con lo anterior se identifican a más detalle los generadores de emisiones en toneladas al año y en forma porcentual en el Estado de México.

Tabla 3.4.8 Inventario de emisiones desagregado por sector del Estado de México

Sector	Emisiones [ton /año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	97	18	749	256	665	599	8	581	5
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	271	20	1,838	191	1,037	311	3	308	5
Industria de la madera y productos de madera	55	3	236	76	63	604	1	527	1
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	105	60	1,214	523	845	937	13	912	21
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	215	58	1,214	3,197	1,689	4,738	14	4,569	28
Productos minerales no metálicos*.	109	35	490	717	3,690	172	9	125	14
Industrias metálicas básicas	462	15	223	764	213	402	4	395	6
Productos metálicos, maquinaria y equipo**.	226	36	630	1,142	1,072	2,511	7	2,504	7
Otras industrias manufactureras	11	2	140	32	57	42	1	39	N/S
Generación de energía eléctrica	199	199	16	1,784	11,523	288	60	144	83
Fuentes de área	284	278	28	2,593	5,494	273,447	148,888	95,923	6,396
Combustión industrial	156	156	12	1,728	2,057	226	47	113	N/E
Combustión comercial/institucional	14	14	N/S	64	464	18	6	11	N/E
Combustión habitacional	52	52	N/S	235	1,706	64	24	41	N/E
Operación de aeronaves	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	29	27	14	159	1,256	53	N/E	52	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,709	N/A	10,580	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1,171	N/A	1,157	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	11,378	N/A	9,899	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	335	N/A	331	N/A
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	15,059	N/A	9,036	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,026	N/A	2,915	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3,347	N/A	3,347	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	183	N/A	183	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	38,294	N/A	26,423	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	309	N/A	309	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/E	N/E	N/E	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,250	N/S	5,165	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,766	1	10,595	N/A
HCHQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,838	1	12,632	N/A
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,208	N/A	2,208	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	N/A	1	N/A
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	155,197	148,800	N/E	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	986	N/A	907	N/E
Incendios forestales	18	16	2	179	5	11	9	5	N/S
Incendio en estructuras	15	13	N/E	228	6	18	N/A	13	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,396
Vegetación y suelos	1,683	369	N/A	N/A	734	10,759	N/A	10,759	N/A
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	734	10,759	N/A	10,759	N/A
Erosión eólica del suelo	1,683	369	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	1,451	1,263	1,576	715,103	42,598	69,911	3,841	64,393	401
Autos particulares	278	209	806	362,416	17,237	35,295	1,837	32,443	295
Taxis	25	19	74	32,928	1,747	3,523	201	3,239	19
Combis	28	21	83	57,937	2,634	5,613	226	5,159	16
Microbuses	75	67	73	68,002	3,203	6,483	340	5,975	9
Pick up	70	56	162	75,338	5,645	7,402	446	6,820	42
Vehículos < = a 3 ton	211	192	100	36,020	2,724	3,431	377	3,166	9
Tractocamiones	447	411	139	4,507	4,822	1,727	74	1,650	1
Autobuses	211	194	67	3,849	1,978	784	33	745	N/S
Vehículos > a 3 ton	100	90	56	69,362	2,171	4,349	244	3,979	8
Motocicletas	3	2	9	3,651	22	892	34	837	2
Camiones de carga a gas LP	3	2	7	1,093	414	410	27	378	N/S
Vehículos a gas natural	N/S	N/S	N/S	N/S	1	2	2	2	N/S
Total	5,168	2,356	8,354	726,378	69,680	364,721	152,849	181,179	6,967

N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado; *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

Tabla 3.4.9 Inventario de emisiones porcentual desagregado por sector del Estado de México

Sector	Emisiones [%]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	33.86	18.93	80.80	1.19	29.93	2.91	0.08	5.58	2.44
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1.88	0.76	8.97	0.04	0.95	0.16	0.01	0.32	0.07
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	5.24	0.85	22.00	0.03	1.49	0.09	N/S	0.17	0.07
Industria de la madera y productos de madera	1.06	0.13	2.82	0.01	0.09	0.17	N/S	0.29	0.01
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	2.03	2.55	14.53	0.07	1.21	0.26	0.01	0.50	0.30
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	4.16	2.46	14.53	0.44	2.42	1.30	0.01	2.52	0.40
Productos minerales no metálicos . *	2.11	1.49	5.87	0.10	5.30	0.05	0.01	0.07	0.20
Industrias metálicas básicas	8.94	0.64	2.67	0.11	0.31	0.11	N/S	0.22	0.09
Productos metálicos, maquinaria y equipo. **	4.37	1.53	7.54	0.16	1.54	0.69	N/S	1.38	0.10
Otras industrias manufactureras	0.21	0.08	1.68	N/S	0.08	0.01	N/S	0.02	N/S
Generación de energía eléctrica	3.85	8.45	0.19	0.25	16.54	0.08	0.04	0.08	1.19
Fuentes de área	5.50	11.80	0.34	0.36	7.88	74.96	97.40	52.94	91.80
Combustión industrial	3.02	6.62	0.14	0.24	2.95	0.06	0.03	0.06	N/E
Combustión comercial/institucional	0.27	0.59	N/S	0.01	0.67	N/S	N/S	0.01	N/E
Combustión habitacional	1.01	2.21	N/S	0.03	2.45	0.02	0.02	0.02	N/E
Operación de aeronaves	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	0.56	1.15	0.17	0.02	1.80	0.01	N/E	0.03	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.94	N/A	5.84	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.32	N/A	0.64	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.12	N/A	5.46	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.09	N/A	0.18	N/A
Limpieza de superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.13	N/A	4.99	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.38	N/A	1.61	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.92	N/A	1.85	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	0.05	N/A	0.10	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10.50	N/A	14.58	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.08	N/A	0.17	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/E	N/E	N/E	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1.44	N/S	2.85	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.95	N/S	5.85	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3.52	N/S	6.97	N/A
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.61	N/A	1.22	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/S	N/A	N/S	N/A
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	42.55	97.35	N/E	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0.27	N/A	0.50	N/E
Incendios forestales	0.35	0.68	0.02	0.02	0.01	N/S	0.01	N/S	N/S
Incendio en estructuras	0.29	0.55	N/E	0.03	0.01	N/S	N/A	0.01	N/A
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	91.80
Vegetación y suelos	32.57	15.66	N/A	N/A	1.05	2.95	N/A	5.94	N/A
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	1.05	2.95	N/A	5.94	N/A
Erosión eólica del suelo	32.57	15.66	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	28.08	53.61	18.87	98.45	61.13	19.17	2.51	35.54	5.76
Autos particulares	5.38	8.87	9.65	49.89	24.74	9.68	1.20	17.91	4.23
Taxis	0.48	0.81	0.89	4.53	2.51	0.97	0.13	1.79	0.27
Combis	0.54	0.89	0.99	7.98	3.78	1.54	0.15	2.85	0.23
Microbuses	1.45	2.84	0.87	9.36	4.60	1.78	0.22	3.30	0.13
Pick up	1.35	2.38	1.94	10.37	8.10	2.03	0.29	3.76	0.60
Vehículos < = a 3 ton	4.08	8.15	1.20	4.96	3.91	0.94	0.25	1.75	0.13
Tractocamiones	8.65	17.44	1.66	0.62	6.92	0.47	0.05	0.91	0.01
Autobuses	4.08	8.23	0.80	0.53	2.84	0.21	0.02	0.41	N/S
Vehículos > a 3 ton	1.93	3.82	0.67	9.55	3.12	1.19	0.16	2.20	0.11
Motocicletas	0.06	0.08	0.11	0.50	0.03	0.24	0.02	0.46	0.03
Camiones de carga a gas LP	0.06	0.08	0.08	0.15	0.59	0.11	0.02	0.21	N/S
Vehículos a gas natural	N/S	N/S	N/S	N/S	29.93	N/S	N/S	N/S	N/S
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

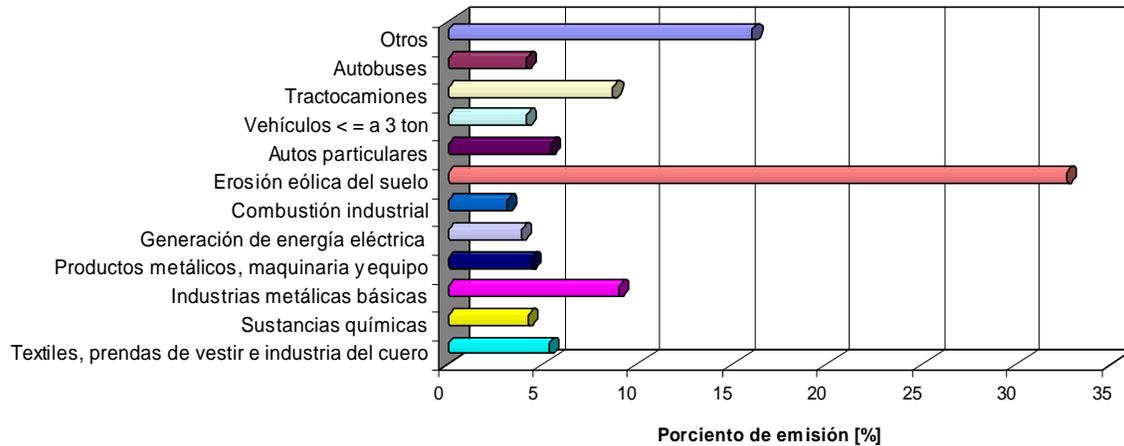
N/A. No Aplica, N/S. No Significativo, N/E. No Estimado; *Excluye los derivados del petróleo y del carbón, **Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión

3.4.4 Emisiones por contaminante

Partículas PM₁₀

Las principales fuentes de generación de partículas PM₁₀, son la erosión eólica del suelo (33%) y las fuentes puntuales (34%); referente a las fuentes móviles la categoría que más emiten son los tractocamiones (9%) y de las industrias la de metálicas básicas (9%). Las fuentes de área en conjunto emiten el 6%.

Gráfica 3.4.10 Distribución de las emisiones de PM₁₀ por tipo de fuente

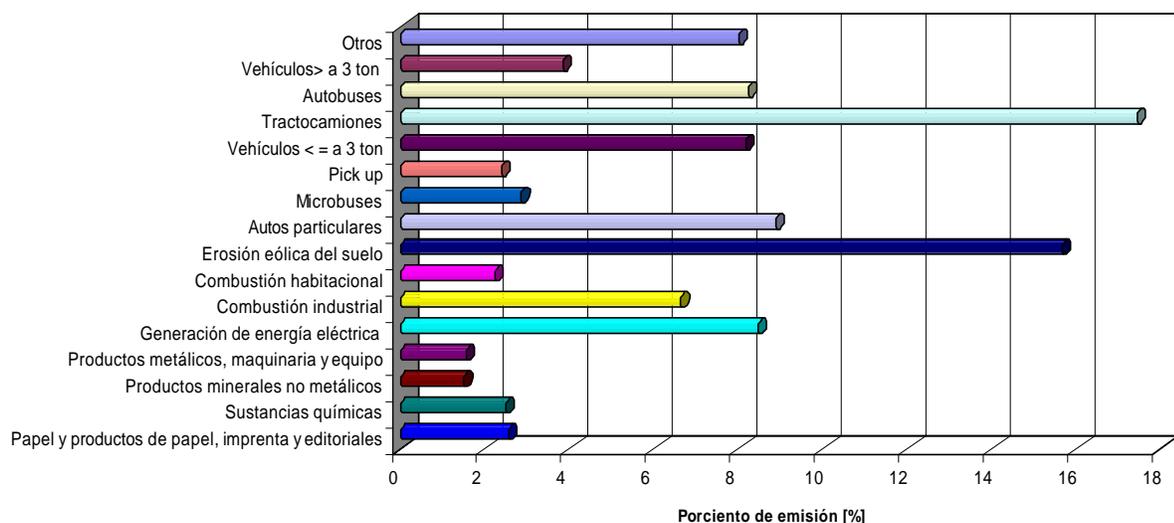


Nota: Otros, incluye, las fuentes puntuales y móviles que contribuyen con menos de 180 ton/año.

Partículas PM_{2.5}

Respecto a las partículas PM_{2.5}, las emisiones mayoritarias son las generadas por las fuentes móviles (54%), siendo la principal fuente de emisión los tractocamiones, los cuales aportan el 17%, le siguen los autos particulares con el 9%. La erosión eólica del suelo contribuye con el 16%, las fuentes puntuales con el 19% y las fuentes de área con el 12%.

Gráfica 3.4.11 Distribución de las emisiones de PM_{2.5} por tipo de fuente

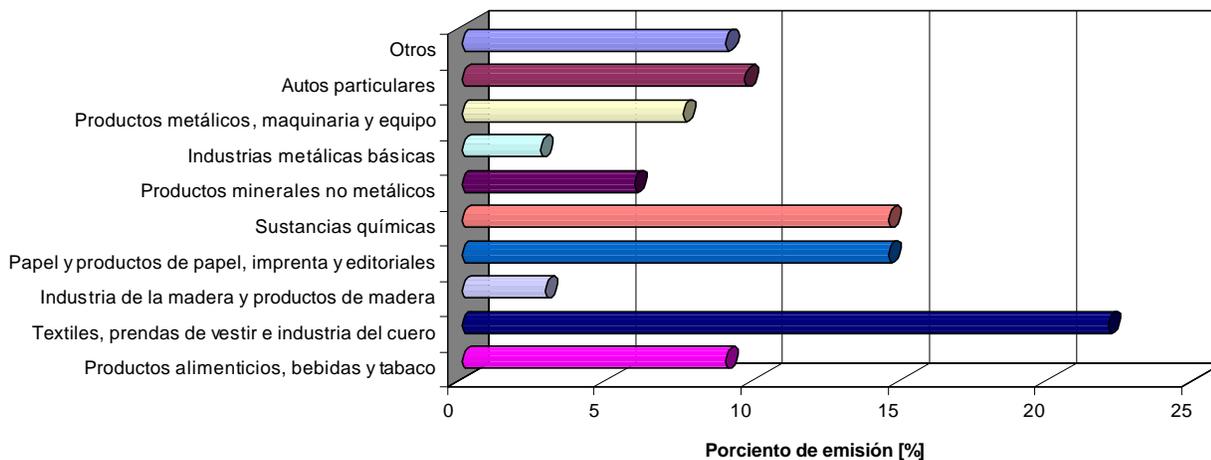


Nota: En otros, se incluyen todas las fuentes que contribuyen con menos de 30 ton/año.

Bióxido de azufre

Para el SO₂, el principal generador son las fuentes puntuales, en donde la industria de los textiles abarca el 22% de la emisión con 1,838 ton/año de contaminante, le sigue la industria del papel y la de sustancias químicas con aproximadamente el 15% cada una, también poseen una emisión importante los autos particulares (11%), y otras industrias como la de los productos alimenticios, los productos metálicos y los minerales no metálicos.

Gráfica 3.4.12 Distribución de las emisiones de SO₂ por tipo de fuente

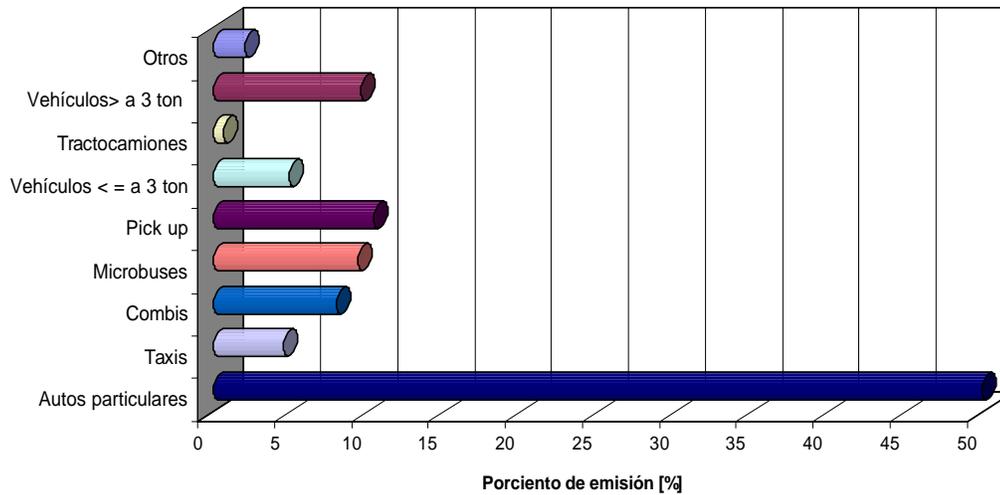


Nota: Dentro de otros, se incluye la generación de energía eléctrica y otras industrias manufactureras, todas las fuentes de área y todas las fuentes móviles a excepción de los autos particulares.

Monóxido de carbono

La contribución que tienen los autos particulares en este contaminante es evidente, ya que aportan casi el 50% de la emisión, seguida por otras fuentes móviles como pick up, vehículos mayores a 3 toneladas, microbuses y combis con un porcentaje de emisión del 10%, 10%, 9% y 8% respectivamente. Las fuentes puntuales y las de área no tienen una participación significativa para este contaminante.

Gráfica 3.4.73 Distribución de las emisiones de CO por tipo de fuente

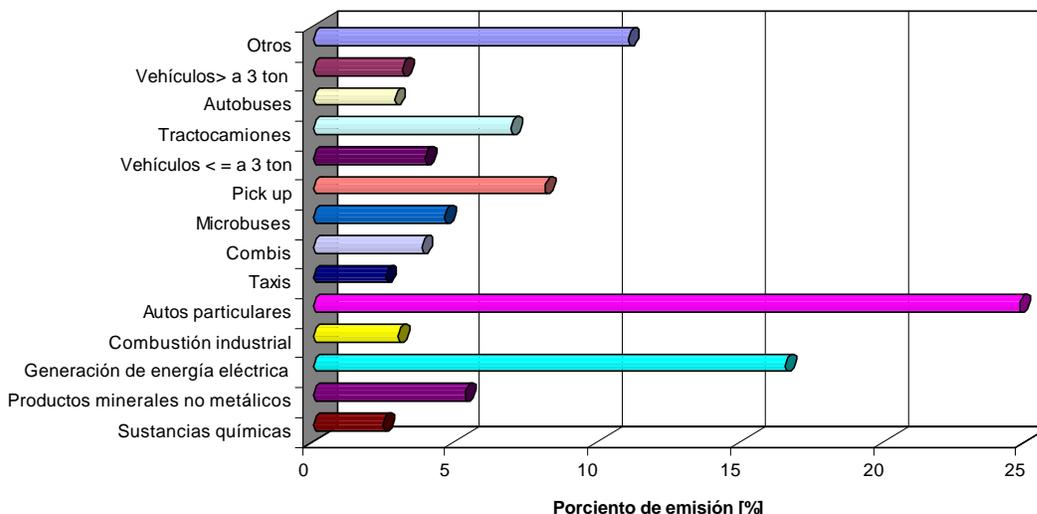


Nota: En otras, se incluyen las fuentes puntuales, las fuentes de área y algunos grupos de fuentes móviles como autobuses, motocicletas, camiones de carga a gas LP.

Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno tienen su mayor fuente de emisión en los autos particulares (25%), en la generación de energía eléctrica (17%), en las pick up (8%), en los tractocamiones (7%) y en los microbuses (5%).

Gráfica 3.4.14 Distribución de las emisiones de NO_x por tipo de fuente

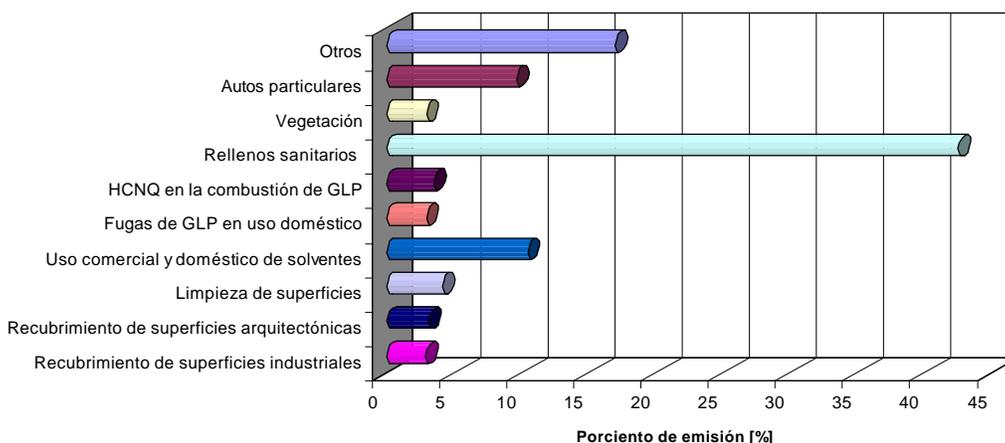


Nota: En otros, se incluyen las categorías que emiten menos de 1,700 toneladas al año.

Compuestos orgánicos totales

Este contaminante está siendo emitido en el Estado de México principalmente por los rellenos sanitarios con el 43%, le siguen, con un porcentaje menor el uso comercial y doméstico de solventes con 11% y los autos particulares con 10% y con el 4% la limpieza de superficies, el recubrimiento de superficies arquitectónicas con el 3%, al igual que las fugas de gas LP en uso doméstico, entre otras.

Gráfica 3.4.15 Distribución de las emisiones de COT por tipo de fuente

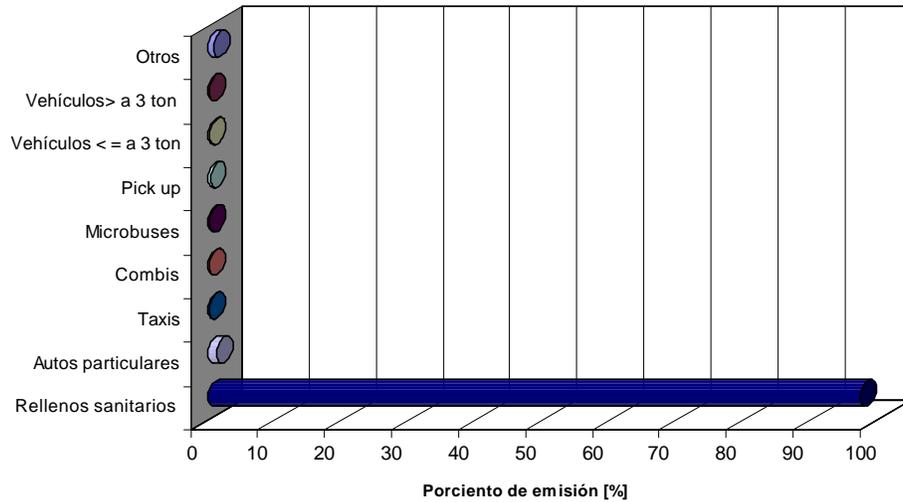


Nota: En otros, se incluyen a las fuentes puntuales, algunas fuentes de área como lavado en seco, artes gráficas, panaderías, la distribución y almacenamiento de gas LP, el tratamiento de aguas residuales entre otras y casi todas las fuentes móviles a excepción de los autos particulares.

Metano

En la emisión de metano, la principal fuente son los rellenos sanitarios con el 97%, lo que abarca casi toda la emisión de este contaminante, lo anterior se debe a que dentro del Estado de México se localizan los rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto más grandes, el otro 3% de las emisiones, lo aportan los autos particulares, los taxis, las combis, microbuses, pick up entre otros.

Gráfica 3.4.16 Distribución de las emisiones de CH₄ por tipo de fuente

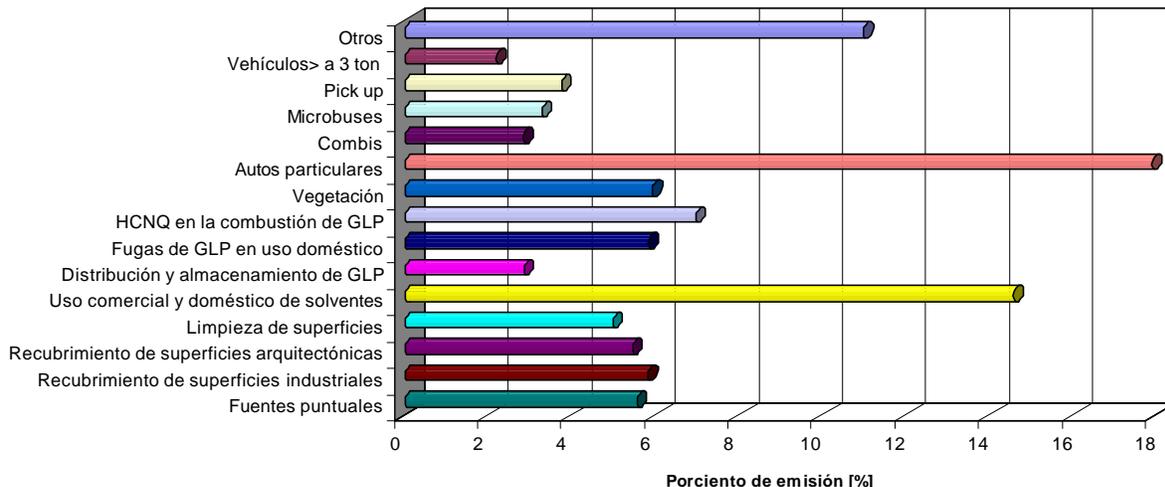


Nota: En otros, se incluyeron las fuentes puntuales, las fuentes de área excepto rellenos sanitarios y algunas fuentes móviles como tractocamiones, autobuses, motocicletas, camiones de carga a gas LP, y vehículos a GNC.

Compuestos orgánicos volátiles

Los autos particulares son los que más contribuyen en la emisión de los compuestos orgánicos volátiles (18%), seguido del uso comercial y doméstico de solventes (15%) y de los hidrocarburos no quemados en la combustión de Gas LP con 7%.

Gráfica 3.4.17 Distribución de las emisiones de COV por tipo de fuente

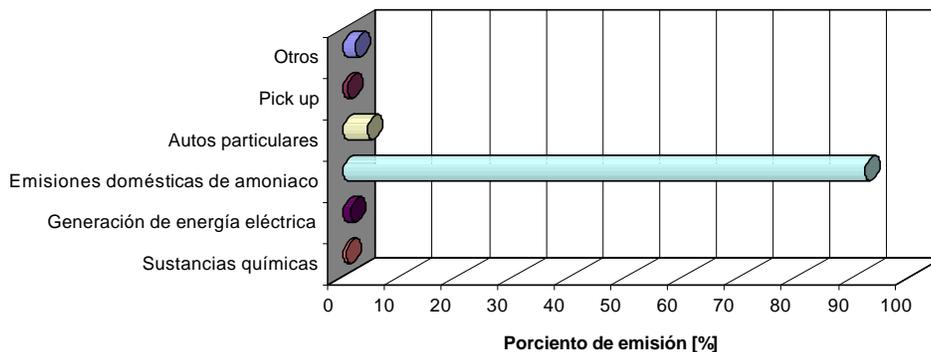


Nota: En otros, se incluyen las categorías que emiten menos de 3,900 toneladas al año.

Amoniaco

Al igual que en el caso del metano el amoniaco es emitido por una fuente en específico, las emisiones domésticas de amoniaco contribuyen con el 92%, las demás fuentes de emisión no se pueden considerar como significativas, ya que la fuente que le sigue son los autos particulares con solamente el 4%.

Gráfica 3.4.88 Distribución de las emisiones de NH₃ por tipo de fuente



Nota: Para este contaminante, otros, integra todas las fuentes de área, la mayoría de las fuentes puntuales, excepto la industria de sustancias químicas y la generación de energía eléctrica. También se encuentra la mayor parte de fuentes móviles, exceptuando los autos particulares y las pick up.

4. INVENTARIO DE EMISIONES POR SECTOR

FUENTES PUNTUALES
FUENTES DE ÁREA
FUENTES MÓVILES
FUENTES NATURALES

4.1 FUENTES PUNTUALES

El artículo 112 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), establece que los gobiernos, en el ámbito federal y estatal, deberán actualizar de manera continua el inventario de emisiones de su competencia, así como prevenir y controlar la contaminación atmosférica en sus jurisdicciones. Así mismo, las leyes locales retoman en su articulado éstas disposiciones.

Lo anterior obliga a las diferentes entidades en sus distintas jurisdicciones a integrar un inventario de emisiones, cuyo objetivo fundamental es presentar la información que sirva para hacer la planeación de estrategias en el control de las emisiones, y la administración en la gestión de la calidad del aire. En el corto y largo plazo, un inventario de emisiones debe servir como un indicador de la calidad del aire.

En México, las fuentes puntuales son definidas como “cualquier instalación ubicada en un solo sitio con el propósito de ejecutar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera”, según lo establece el artículo 6 de la LGEEPA.

De acuerdo a la anterior definición, se incluyen dentro de las fuentes puntuales, todas las industrias: Químicas, del Petróleo y Petroquímica, Pinturas y Tintas, Metalúrgica, Automotriz, Celulosa y Papel, Cementera y Calera, Asbesto, Vidrio, Generación de Energía Eléctrica, Tratamiento de Residuos Peligrosos, Alimenticia, Textil, Fabricación de muebles, Imprentas, Mineral no metálica, entre otras.

En éste inventario se registran las diferentes ramas que conforman los 10 subsectores que componen la actividad industrial en la ZMVM y que son clasificadas como fuentes puntuales para la estimación del inventario de emisiones.

Lo giros o subsectores mencionados se agruparon de acuerdo a la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) Ver Tabla 4.1.1.

Tabla 4.1.1 Descripción de las ramas y subsectores de actividad en la ZMVM

Subsector	Rama	Descripción
31		Productos alimenticios, bebidas y tabaco
	3111	Industria de la carne
	3112	Elaboración de productos lácteos
	3113	Elaboración de conservas alimenticias. incluye concentrados para caldos. excluye las de carne y leche exclusivamente
	3114	Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas
	3115	Elaboración de productos de panadería
	3116	Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas
	3117	Fabricación de aceites y grasas comestibles
	3119	Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería
	3121	Elaboración de otros productos alimenticios para el consumo humano
	3122	Elaboración de alimentos preparados para animales
	3130	Industria de las bebidas
	3140	Industria del tabaco
32		Textiles, prendas de vestir e industria del cuero
	3211	Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo
	3212	Hilado tejido y acabado de fibras blandas excluye de punto
	3213	Confección con materiales textiles. incluye la fabricación de tapices y alfombras de fibras blandas
	3214	Fabricación de tejidos de punto
	3220	Confección de prendas de vestir
	3230	Industria del cuero, pieles y sus productos. Incluye los productos de materiales sucedáneos. Excluye calzado y prendas de cuero.
	3240	Industria del calzado excluye de hule y/o plástico
33		Industria de la madera y productos de madera. incluye muebles
	3311	Fabricación de productos de aserradero y carpintería. excluye muebles
	3312	Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho. excluye muebles
34	3320	Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera. incluye colchones
		Papel y productos de papel, imprentas y editoriales
34	3410	Manufactura de celulosa, papel y sus productos
	3420	Imprentas, editoriales e industrias conexas
35		Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico
	3511	Petroquímica básica
	3512	Fabricación de sustancias químicas básicas. excluye las petroquímicas básicas
	3513	Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas
	3521	Industria farmacéutica
	3522	Fabricación de otras sustancias y productos químicos
	3540	Industria del coque. incluye otros derivados del carbón mineral y del petróleo
	3550	Industria del hule
3560	Elaboración de productos de plástico	
36		Productos minerales no metálicos. excluye los derivados del petróleo y del carbón
	3611	Alfarería y cerámica. excluye materiales de construcción
	3612	Fabricación de materiales de arcilla para la construcción
	3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
	3691	Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos a base de minerales no metálicos
37		Industrias metálicas básicas
	3710	Industria básica del hierro y del acero
3720	Industrias básicas de metales no ferrosos. incluye el tratamiento de combustibles nucleares	
38		Productos metálicos, maquinaria y equipo. incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión
	3811	Fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas y no ferrosas
	3812	Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales. incluso trabajos de herrería
	3813	Fabricación y reparación de muebles metálicos
	3814	Fabricación de otros productos metálicos. excluye maquinaria y equipo
	3821	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para fines específicos con o sin motor eléctrico integrado. incluye maquinaria agrícola
	3822	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para usos generales con o sin motor eléctrico integrado. incluye armamento
	3823	Fabricación y/o ensamble de maquinas de oficina, calculo y procesamiento informativo
	3831	Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos. incluye para la generación de energía eléctrica
	3832	Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio, televisión, comunicaciones y de uso medico
	3833	Fabricación y/o ensamble de aparatos y accesorios de uso domestico. excluye los electrónicos
	3841	Industria automotriz
3842	Fabricación, reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes. excluye automóviles y camiones	
3850	Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión. incluye instrumental quirúrgico excluye los electrónicos	
39		Otras industrias manufactureras
	3900	Otras industrias manufactureras
41		Electricidad
	4100	Generación de energía eléctrica

4.1.1 Metodología

Para la integración de éste inventario de emisiones se utilizó la metodología descrita en los manuales de Fundamentos del Programa de Inventario de Emisiones para México y Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones, en conjunto con el manual de Fuentes Puntuales, publicados por el Instituto Nacional de Ecología¹.

Las técnicas de estimación utilizadas para la valoración de las emisiones de éste inventario fueron:

Encuestas: La Cédula de Operación Anual (COA), es el instrumento de registro de los requerimientos de reporte contemplados en la LGEEPA y los reglamentos y normas que de ella derivan, la COA se presenta en forma anual por establecimiento industrial, para actualizar la información sobre su operación y facilitar su seguimiento por parte de la autoridad ambiental.

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 por combustión.

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, etc. La fuente de factores de emisión utilizada en éste inventario fue el AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors del Air Chief 8.0 (U.S. EPA, 2000).

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.

Cálculos de Ingeniería: Son procedimientos matemáticos para el cálculo de emisiones.

A continuación se describe en la Tabla 4.1.2, las técnicas de estimación utilizada para cada subsector considerado dentro del inventario de emisiones para fuentes puntuales de la ZMVM.

Tabla 4.1.2 Técnicas de estimación de emisiones por giro industrial

Clave	Subsector industrial	Técnicas de estimación de emisiones						
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
31	Productos alimenticios, bebidas y tabaco	FE, MD	FE	FE, BM	FE	FE, CI	FE, MD	FE
32	Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	FE, MD	FE	FE, BM	FE	FE, CI	FE, MD	FE
33	Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles.	FE, MD	FE	FE, BM	FE	FE, CI	FE, MD	FE
34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	MD	FE	FE	FE	FE	FE,MD	FE
35	Sustancia químicas, productos derivados del petróleo, de hule y de plástico	FE, MD	FE	FE, BM	FE, MD	FE, CI	FE, MD	FE
36	Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	FE, MD	FE	FE	FE	FE	FE	FE
37	Industrias metálicas básicas	FE	FE	FE	FE	FE	FE	FE
38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	FE, MD	FE	FE	FE	FE, CI	FE, MD	FE
39	Otras industrias manufactureras	FE, MD	FE, MD	FE	FE	FE	FE, MD	FE
41	Generación de energía eléctrica	FE	FE	FE, BM	FE	FE	FE	FE

FE: Factores de emisión; MD: Medición directa o monitoreo; CI: Calculo de ingeniería; BM: Balance de materiales.

¹http://www.ine.gob.mx/dggia/cal_aire/espanol/invtemi.html

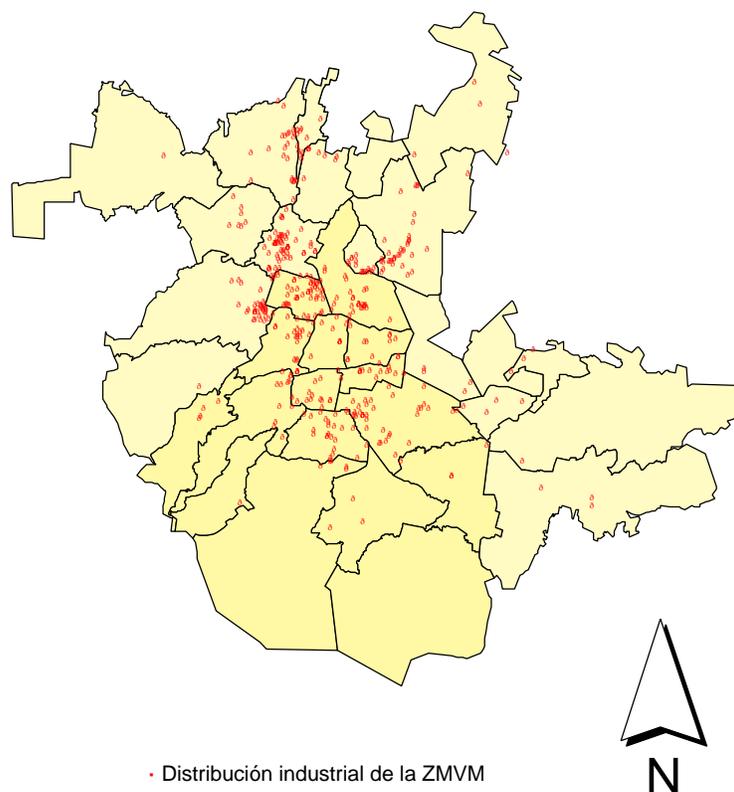
La clasificación de la industria en subsectores y rama, está basada en la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos 1994, la cual ubica a la industria manufacturera en el sector 3 y la divide en 9 subsectores y 54 ramas, aun cuando la generación de energía eléctrica se ubica en el sector 41, por el volumen de sus emisiones se consideró dentro de la zona metropolitana.

Clasificación por Jurisdicción

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 la SEMARNAT, 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 giro comercial y domicilio.

El número de industrias que se tienen registradas para el año 2000 son 4,668, de éstas, 2,709 se encuentran ubicadas en el Distrito Federal y 1,959 en los municipios conurbados del Estado de México. En la Figura 4.1.1 se muestra la distribución de las industrias de mayor generación de emisión.

Figura 4.1.1 Ubicación industrial



Para la integración del inventario de emisiones, sólo se tomaron en cuenta las emisiones de las 4,668 industrias antes citadas, debido a que 1,672 industrias no reportan emisiones y no se pudieron calcular, ya que no se cuenta con la información requerida, por tratarse de registros históricos.

Con la información registrada en las bases de datos de la SEMARNAT, 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: el 60% son de jurisdicción local, de éstas el 34% se ubican en el DF y el 26% en el Estado de México y el 40% restante son de jurisdicción federal, de éstas, el 24% están ubicadas en el Distrito Federal y el 16% en el Estado de México.

4.1.2 Resultados

Inventario de emisiones horario de la ZMVM

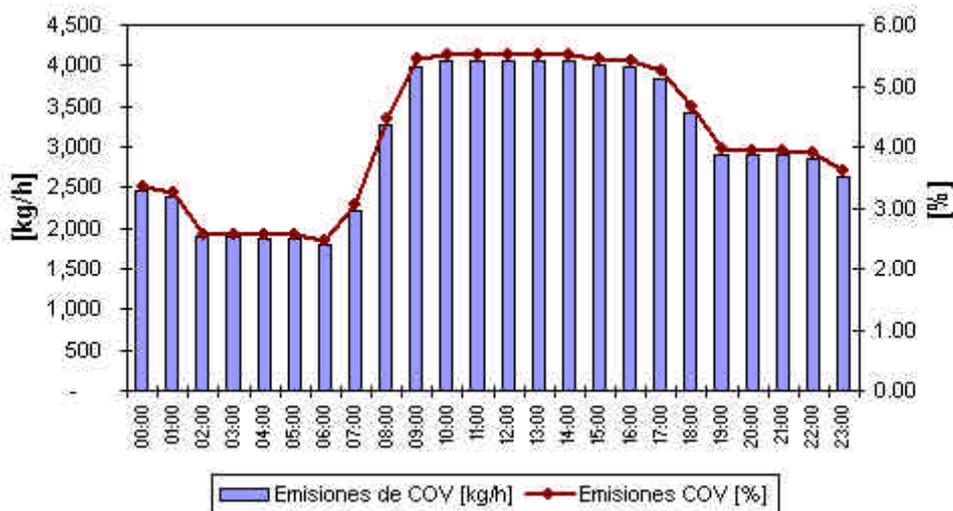
Para el inventario de emisiones de fuentes puntuales en la ZMVM del año 2000, se obtuvieron las emisiones horarias de cada contaminante evaluado, ésto se realizó tomando en cuenta el día 27 de Abril del 2000, debido a que en éste día se obtuvieron altos índices de radiación, temperatura y formación de ozono, por lo cual se requirió de un análisis para determinar las horas con mayor emisión durante éste día.

El cálculo de las emisiones horarias, se realizó, utilizando como base la información de las horas de operación de las industrias ubicadas en el Distrito Federal, así tenemos que, más del 90% de las industrias inicia sus labores diarias entre las 6:00 y las 9:00 hrs, y mas del 95% de las industrias labora 8 o más horas diarias.

La emisión de los contaminantes provenientes de las fuentes puntuales presenta un mismo perfil, debido a que la información proporcionada por los industriales en la cédula de operación anual (COA), no permite hacer un desglose de las emisiones estimadas por combustión y de las emisiones generadas por actividades del proceso productivo, por lo que el total diario de las emisiones se distribuyo en el horario de trabajo de cada una de las industrias, a partir de la hora de inicio de operación de cada una.

En la siguiente gráfica, se puede observar el comportamiento horario de las emisiones de COV, en kg/hr y porcentualmente. Éste perfil de emisiones, es representativo para los demás contaminantes generados por la industria, como se menciono anteriormente.

Gráfica 4.1.1 Emisión horaria de COV en la Zona Metropolitana del Valle de México



En la Tabla 4.1.3 se muestran las emisiones horarias para cada uno de los contaminantes evaluados en el presente inventario.

Tabla 4.1.3 Emisión horaria de fuentes puntuales en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Hora	Emisiones [kg/hr]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
0:00	250	66	1,188	1,026	2,128	2,542	16	2,453	15
1:00	249	66	1,159	1,017	2,085	2,472	16	2,387	15
2:00	210	65	1,078	982	2,015	1,954	16	1,886	15
3:00	210	65	1,075	981	2,015	1,952	16	1,885	15
4:00	210	65	1,061	979	2,008	1,947	16	1,880	15
5:00	210	65	1,061	979	2,008	1,947	16	1,880	15
6:00	180	64	624	932	1,754	1,868	15	1,803	13
7:00	230	65	748	1,047	2,056	2,313	17	2,224	15
8:00	438	72	1,480	1,254	2,958	3,388	21	3,268	52
9:00	571	76	1,734	1,612	4,982	4,120	33	3,979	56
10:00	575	76	1,828	1,654	5,133	4,192	34	4,048	57
11:00	575	77	1,828	1,654	5,133	4,192	34	4,048	57
12:00	575	76	1,824	1,649	5,130	4,192	34	4,047	57
13:00	575	76	1,824	1,649	5,129	4,192	34	4,047	57
14:00	574	76	1,754	1,641	5,127	4,191	34	4,047	56
15:00	574	76	1,744	1,636	5,109	4,145	34	4,002	56
16:00	566	76	1,722	1,605	5,006	4,113	33	3,971	25
17:00	550	74	1,701	1,550	4,841	3,976	32	3,837	23
18:00	383	72	1,598	1,233	2,802	3,544	21	3,421	20
19:00	352	71	1,564	1,182	2,576	3,018	19	2,907	19
20:00	352	70	1,564	1,181	2,571	3,006	19	2,895	19
21:00	352	70	1,563	1,180	2,570	3,005	19	2,894	19
22:00	345	70	1,552	1,164	2,526	2,974	19	2,864	19
23:00	265	67	1,295	1,087	2,266	2,737	17	2,633	16
TOTAL [kg/día]	9,371	1,696	34,569	30,874	79,928	75,980	565	73,306	726

De acuerdo a la Gráfica 4.1.1 y a la Tabla 4.1.3 de emisiones horarias presentadas, se concluye que en la ZMVM la mayor emisión se genera entre las 9:00 y las 18:00 horas del día, periodo durante el cual se emite aproximadamente el 61% de las emisiones, y las horas donde se encuentran los picos más altos de emisión están comprendidas entre las 10:00 y las 11:00 horas del día.

Inventario de emisiones anual de la ZMVM

Dentro de las emisiones reportadas en éste inventario, se incluyen 2 plantas generadoras de energía eléctrica y 2 industrias que se ubican en el municipio de Acolman, el cual no es considerado dentro de los municipios conurbados, pero debido al tamaño de las plantas y a la cercanía a la ZMVM, se considera que sus emisiones impactan en la calidad del aire.

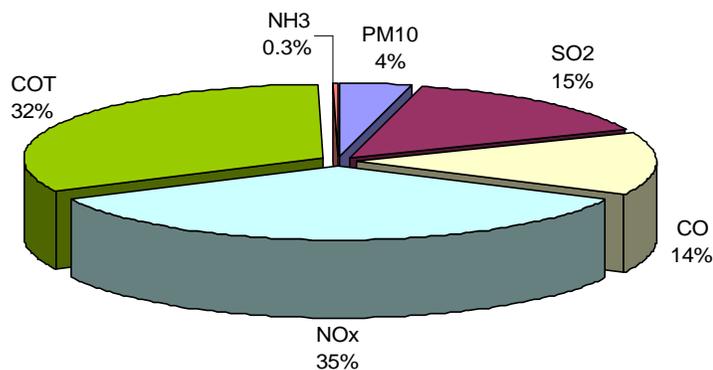
Para realizar la clasificación de la industria por giro, se tomó como base la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos de 1994 (CMAP), dando como resultado el agrupamiento de la industria en 10 subsectores, los cuales se presentan en la Tabla 4.1.4, así como las emisiones de los contaminantes evaluados.

Tabla 4.1.4 Emisiones totales por subsector industrial en la ZMVM

Subsector	No. de Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	478	367	41	1,109	562	1,130	1,414	15	1,384	20
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	399	350	30	2,213	262	1,307	618	5	611	8
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles.	182	130	3	239	85	70	1,019	1	901	1
Papel y productos de papel, Imprenta y editoriales.	551	164	78	1,792	649	1,194	5,774	16	5,742	27
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	1177	394	88	2,332	3,380	2,312	7,783	53	7,453	38
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón.	201	255	43	768	820	4,350	254	11	191	19
Industrias metálicas básicas.	216	512	34	616	958	1,121	526	6	515	9
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	1218	374	47	973	1,414	1,441	4,656	12	4,643	9
Otras industria manufactureras.	241	61	5	229	59	166	456	1	423	1
Generación de energía eléctrica	5	202	202	16	1,816	11,626	292	61	146	84
TOTAL	4,668	2,809	572	10,287	10,005	24,717	22,792	181	22,010	216

En conjunto, la industria de la ZMVM emite alrededor de 70,828 toneladas de contaminantes criterio al año, de las cuales el 35% son emisiones de NO_x, el 32% de COT, 15% de SO₂, 14% de CO, 4% de PM₁₀ y tan sólo el 0.3% corresponde a NH₃, como se muestra en la Gráfica 4.1.2.

Gráfica 4.1.2 Contribución porcentual por contaminante



Emisiones por rama industrial

En las siguientes tablas se desglosan las emisiones por rama industrial y por contaminante, además se indica el número de industrias involucradas en cada rama.

Tabla 4.1.5 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 31.

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3111	79	6	1	17	19	22	6	0	5	1
3112	45	12	3	226	25	97	5	1	4	1
3113	31	13	1	27	5	48	3	0	3	0
3114	37	63	3	93	77	54	5	1	4	1
3115	31	122	3	5	34	65	715	1	712	1
3116	5	23	0	0	6	11	0	0	1	0
3117	33	18	9	356	47	134	27	1	25	2
3119	69	20	1	39	15	32	5	0	5	7
3121	68	29	6	48	66	89	15	2	10	3
3122	23	19	2	112	29	40	547	0	546	0
3130	56	38	12	186	236	534	88	8	69	4
3140	1	3	0	0	3	4	0	0	0	0
TOTAL	478	366	41	1,109	562	1,130	1,416	14	1,384	20

En la anterior tabla, se puede observar que el contaminante más importante son los COT, siendo la rama más contaminante la 3115 (Elaboración de productos de panadería) con 715 ton/año, la generación de éste contaminante se debe principalmente al cocimiento de los productos elaborados para esta actividad industrial.

Tabla 4.1.6 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 32

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3211	5	1	0	11	4	3	0	0	0	0
3212	200	284	25	1,951	173	670	339	4	334	7
3213	27	23	2	5	36	537	94	1	92	0
3214	35	22	3	178	36	68	72	1	71	1
3220	75	5	0	31	7	14	42	0	41	0
3230	34	15	0	36	5	17	56	0	56	0
3240	23	0	0	1	1	1	17	0	17	0
TOTAL	399	350	30	2,213	262	1,310	620	6	611	8

En la Tabla 4.1.6 se observa que la rama industrial 3212 Hilado, tejido y acabado de fibras blandas es la que más emite para todos los contaminantes, siendo los SO₂ los que se emiten en mayor cantidad, esto se debe a que en esta rama industrial la mayor parte de sus equipos de combustión utilizan combustibles líquidos, los cuales contienen mayor cantidad de azufre que los combustibles gaseosos.

Tabla 4.1.7 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 33.

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3311	24	34	3	227	68	60	39	1	35	1
3312	28	11	0	2	1	1	150	0	131	0
3320	130	85	0	11	16	9	830	0	735	0
TOTAL	182	130	3	240	85	70	1,019	1	901	1

De la tabla 4.1.7 se observa que la mayor contribución está dada por la rama 3320 (Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera), y el contaminante que predomina son los COT, ésto se debe principalmente a la utilización de barnices y pinturas para la actividad productiva.

Tabla 4.1.8 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 34

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3410	182	133	77	1,784	609	1,153	1,163	16	1,132	26
3420	369	31	1	9	40	41	4,612	0	4,610	0
TOTAL	551	164	78	1,793	649	1,194	5775	16	5,742	26

De la Tabla 4.1.8 tenemos que la mayor emisión se encuentra comprendida en la rama industrial 3420 (Imprentas, editoriales e industrias conexas) que contribuye con 4,612 ton/año de COT, el cual es el contaminante que se emite en mayor proporción para el subsector 34, debido al uso de tintas y solventes.

Tabla 4.1.9 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 35

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3511	6	2	0	0	0	0	15	0	16	0
3512	246	146	40	948	2,130	1,270	2,001	8	1,913	18
3513	14	22	16	575	79	131	185	2	180	4
3521	157	14	4	171	43	79	210	34	181	1
3522	330	115	20	311	184	604	2080	6	2,018	8
3540	46	44	1	112	9	45	3	0	1	1
3550	104	18	5	151	58	107	524	1	520	4
3560	274	35	2	64	877	76	2764	2	2,624	2
TOTAL	1,177	396	88	2,332	3,380	2,312	7,782	53	7,453	38

De la Tabla 4.1.9 se observa que la mayor emisión la aporta la rama industrial 3512 "Fabricación de sustancias químicas básicas (excluye las petroquímicas básicas)" y que el contaminante dominante son los COT, ésto se debe a la utilización de compuestos orgánicos como materia prima, así como la utilización de solventes y a otros insumos, propios de la industria química. Es importante tomar en cuenta el número de industrias que conforman éste subsector.

Tabla 4.1.10 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 36

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3611	13	5	5	3	30	62	5	0	4	1
3612	15	3	1	2	27	31	8	1	7	0
3620	45	57	33	581	737	3,808	74	10	49	15
3691	128	189	4	182	26	449	165	0	131	3
TOTAL	201	254	43	768	820	4,350	252	11	191	19

En el subsector 36, la mayor emisión está comprendida en la rama 3620 (Fabricación de vidrio y productos de vidrio), siendo los NOx el contaminante más importante con aproximadamente un 67% de las emisiones de éste subsector. La generación de éste contaminante se debe principalmente a los tratamientos térmicos que se dan en el proceso de fabricación de vidrio y de los productos de vidrio.

Tabla 4.1.11 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 37

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3710	86	331	24	514	827	874	274	3	268	5
3720	130	181	10	101	130	248	251	3	248	4
TOTAL	216	512	34	615	957	1,122	525	6	516	9

En la Tabla 4.1.11 se observa que la mayor emisión está dada por la rama 3710 “Industria básica del hierro y del acero”, teniendo como principal contaminante a los NOx, lo cual se debe a la utilización de combustibles fósiles para los procesos térmicos que involucra la actividad.

Tabla 4.1.12 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 38

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3811	64	52	16	224	308	115	32	1	31	1
3812	49	8	1	61	6	33	96	0	96	0
3813	89	39	1	6	42	27	629	1	629	1
3814	564	149	16	361	435	458	1,639	5	1,635	5
3821	48	6	0	6	80	21	91	0	91	0
3822	37	9	0	1	18	102	62	1	60	0
3823	4	0	0	1	6	2	16	0	17	0
3831	97	15	0	11	11	21	389	0	388	0
3832	21	3	0	1	2	2	105	0	105	0
3833	33	27	2	2	22	26	27	0	26	1
3841	168	59	11	295	477	610	1,501	3	1,496	2
3842	30	5	1	4	6	20	65	0	65	0
3850	14	0	0	0	1	0	4	0	4	0
TOTAL	1,218	372	48	973	1,414	1,437	4,656	11	4,643	10

De la Tabla 4.1.12 se observa que la mayor emisión la aporta la rama 3814 “Fabricación de otros productos metálicos (excluye maquinaria y equipo)” teniendo como principal emisión los COT, esto se debe principalmente que dentro de otros productos metálicos se contempla la actividad de pintado y otros insumos, como segundo contaminante del subsector 38 tenemos a los NOx los cuales son emitidos en mayor proporción por la rama 3841 “Industria Automotriz”, la cual contribuye con una emisión de 610 ton/año.

Tabla 4.1.13 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 39

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3900	241	61	5	229	59	166	457	2	423	1
TOTAL	241	61	5	229	59	166	457	2	423	1

De la Tabla 4.1.13 la rama 3900 correspondiente a otras industrias manufactureras, no mencionadas anteriormente, los SO₂ con 229 ton/año y los COT con 457 son los contaminantes dominantes en éste subsector; teniendo una mayor aportación por parte de los COT con el 47%.

Tabla 4.1.14 Emisiones en la ZMVM de las ramas que conforman el subsector 41

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
4100	5	202	202	16	1,816	11,626	292	61	146	84
TOTAL	5	202	202	16	1,816	11,626	292	61	146	84

De la rama 4100 “Generación de energía eléctrica” la mayor emisión está dada por lo NO_x con 11,626 ton/año, lo cual representa el 80.2% de las emisiones de éste sector, esto se debe al gran consumo de combustible fósil en el proceso de generación de energía eléctrica.

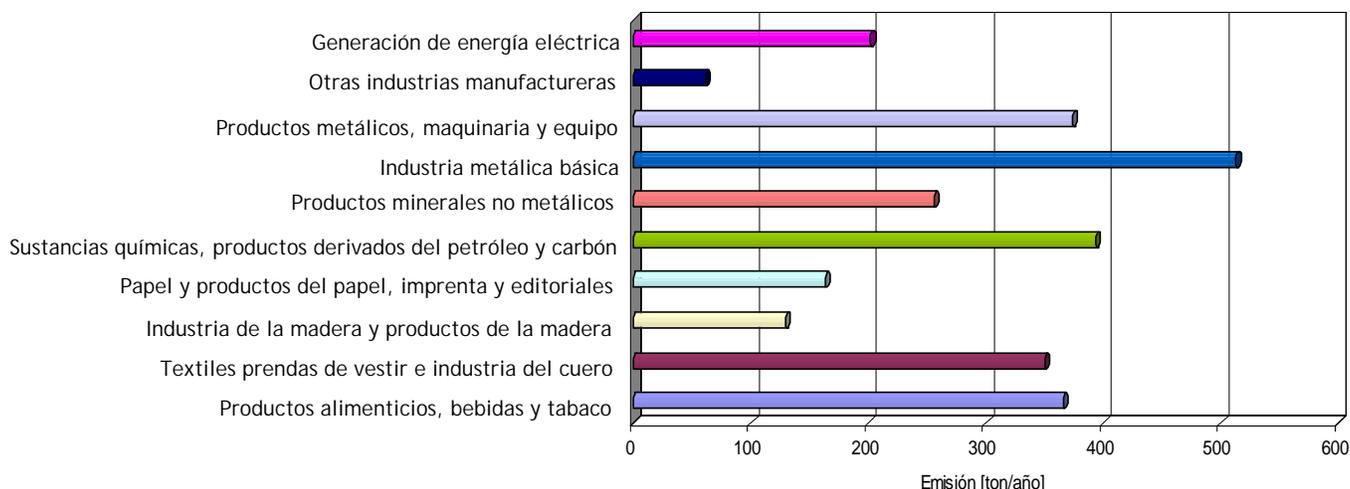
Emisión por subsector industrial

Para conocer con mayor detalle los giros o subsectores que generan emisiones, se analizaron las emisiones estimadas para las fuentes puntuales por contaminante y por giro industrial.

Partículas

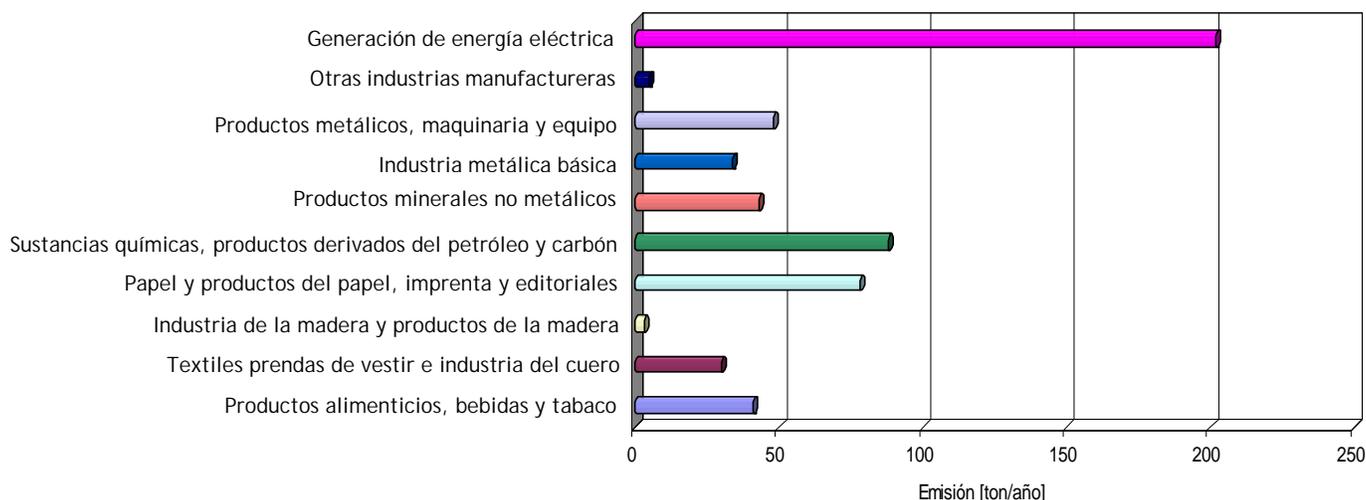
La contribución de las emisiones de PM₁₀ en las fuentes puntuales se concentra principalmente en 5 subsectores: Industria metálica básica, industria química, productos metálicos, industria alimenticia y la industria del vestido, éstos aportan el 1,997 ton/año, los restantes 5 giros aportan 812 ton/año, es importante mencionar que éste contaminante criterio es el que se emite en menor cantidad por las fuentes puntuales, ver gráfica 4.1.3.

Gráfica 4.1.3 Emisiones de PM₁₀ por giro industrial en la ZMVM.



Los principales giros industriales que contribuyen en la emisión de partículas $PM_{2.5}$, son la generación de energía eléctrica, seguida de la industria química y la industria del papel y productos de impresión, éstos giros contribuyen con 368 ton/año, que representan alrededor del 64%, destacando la generación de energía eléctrica con más de 200 ton/año, los giros restantes contribuyen con 204 ton/año, ver gráfica 4.1.4.

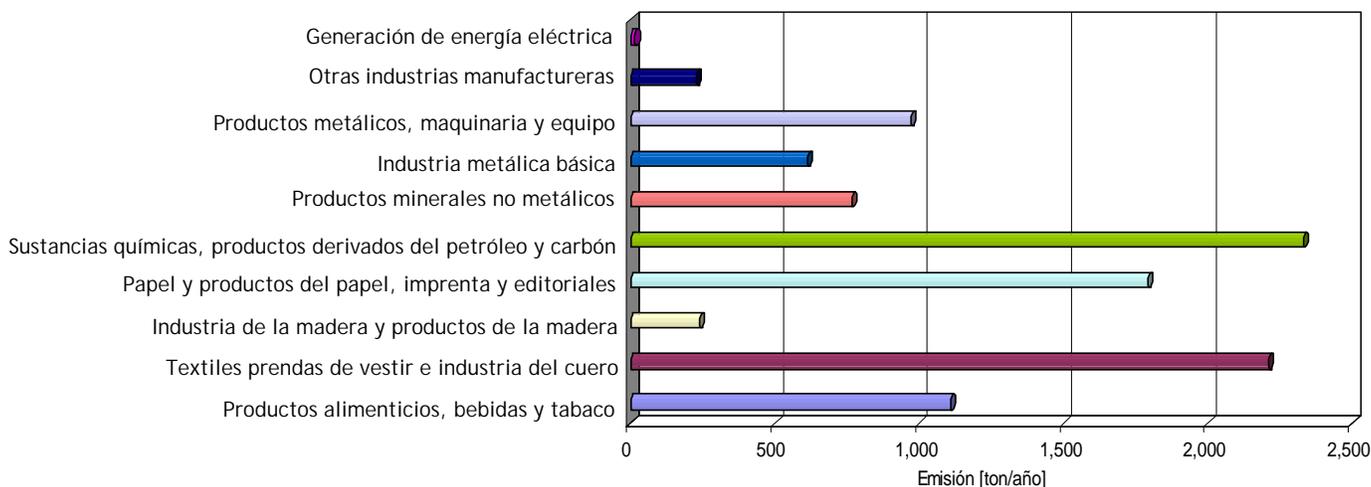
Gráfica 4.1.4 Emisiones de $PM_{2.5}$ por giro industrial en la ZMVM



Bióxido de azufre

En la grafica siguiente podemos observar que los giros más emisores de bióxido de azufre en la ZMVM, son la industria química, la industria textil y de cuero y la industria de papel, los cuales aportan 6,338 ton/año, éstos 3 giros representan alrededor del 62% de las emisiones de éste contaminante y los 7 restantes giros contribuyen con 3,950 ton/año, gráfica 4.1.5.

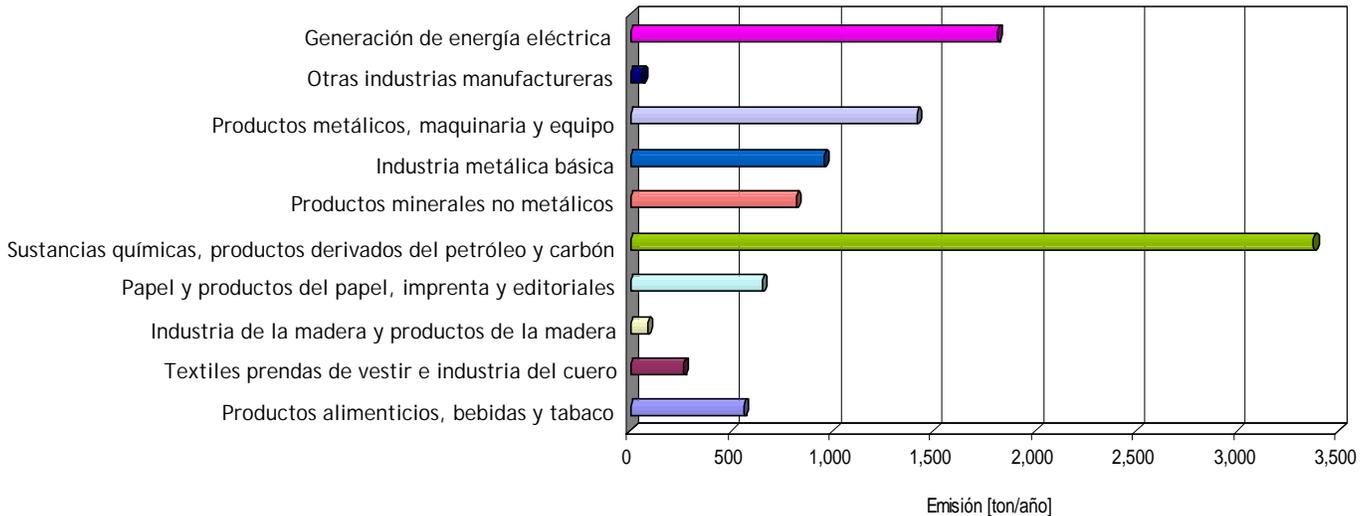
Gráfica 4.1.5 Emisiones de SO_2 por giro industrial en la ZMVM



Monóxido de Carbono

Las emisiones de monóxido de carbono (ver gráfica 4.1.6) se deben principalmente a 3 giros industriales: industria química, productos metálicos y generación de energía eléctrica, los cuales contribuyen con 6,610 ton/año, lo que significa el 66% de las emisiones de éste contaminante, los restantes 7 giros aportan 3,394 ton/año en conjunto.

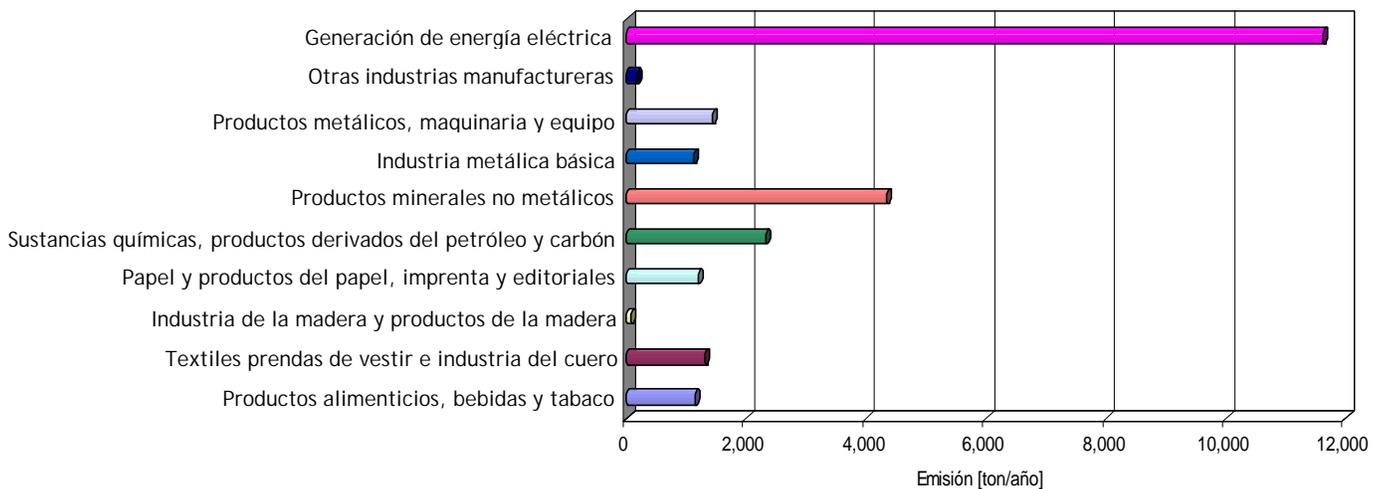
Gráfica 4.1.6 Emisiones de CO por giro industrial en la ZMVM



Óxidos de Nitrógeno

En la emisión de óxidos de nitrógeno (ver gráfica 4.1.7), los giro que más emiten, son el de generación de energía eléctrica con 11,626 ton/año, que representa el 47% de los NOx emitido por las fuentes puntuales, seguido de la industria mineral no metálica y la industria química, los 3 giros anteriormente mencionados aportan 18,287 ton/año, que representan aproximadamente el 74% de las emisiones totales generadas por la industria, mientras que los 7 giros restantes generan 6,430 ton/año.

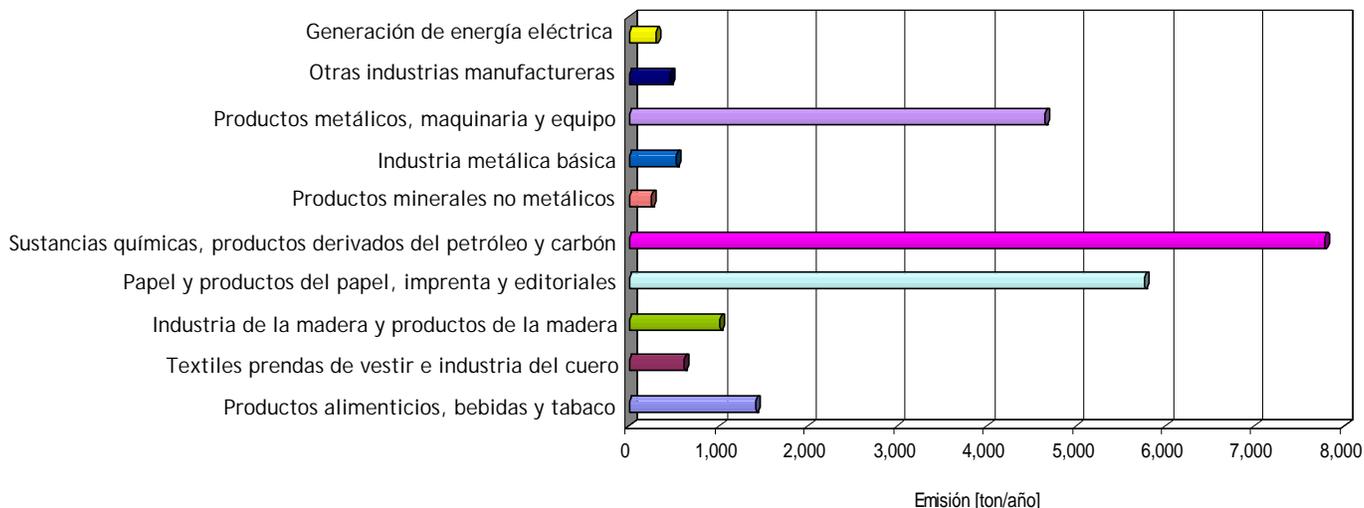
Gráfica 4.1.7 Emisiones de NO_x por giro industrial en la ZMVM



Compuestos Orgánicos Totales

En la gráfica 4.1.8 se puede observar que los principales giros industriales que contribuyen en la emisión de Compuestos Orgánicos Totales (COT), son la industria química, seguida de los productos metálicos y por la imprenta y editoriales, éstos giros contribuyen con 18,214 ton/año, que representan alrededor del 80%, destacando la industria química con más de 7,700 ton/año, los restantes 7 giros contribuyen con 4,580 ton/año. Éste comportamiento es similar al de las emisiones de Hidrocarburos No Metánicos y de Compuestos Orgánicos Volátiles, como se muestra en las gráficas siguientes, ésto se debe a que dichos contaminantes forman parte de los compuestos orgánicos totales y sólo se encuentran separados por especie.

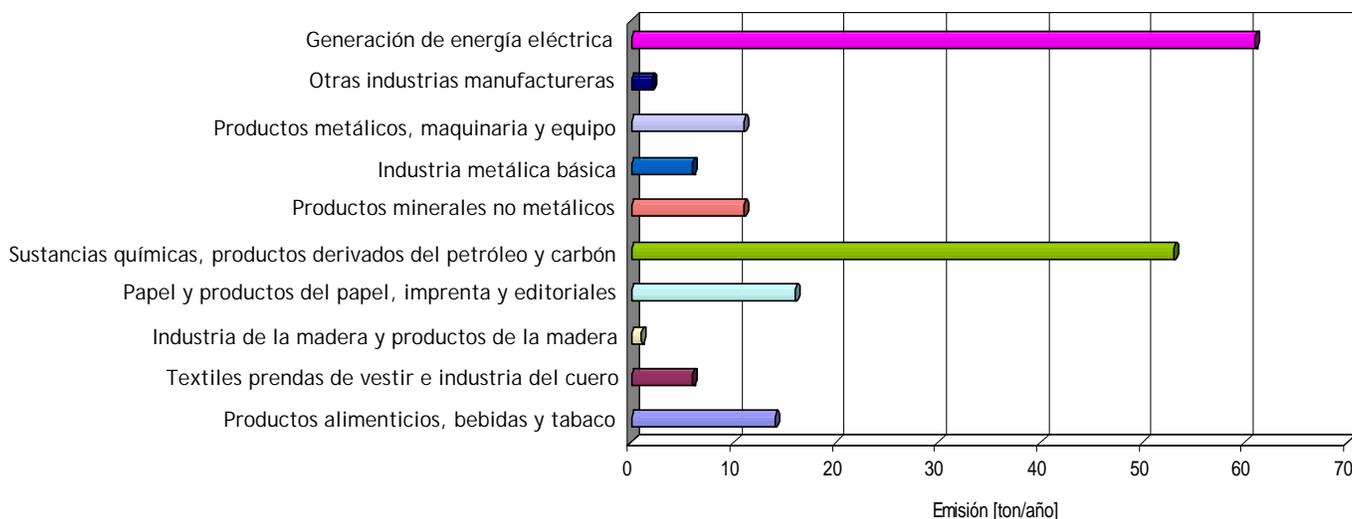
Gráfica 4.1.8 Emisiones de COT por giro industrial en la ZMVM



Metano

En la emisión de Metano (CH_4), los giros industriales que más contribuyen, son la de generación de energía eléctrica seguida de la industria química, éstos giros contribuyen con 114 ton/año, que representan alrededor del 63%, destacando la generación de energía eléctrica con más de 60 ton/año, los restantes 8 giros contribuyen con 67 ton/año, ver gráfica 4.1.9.

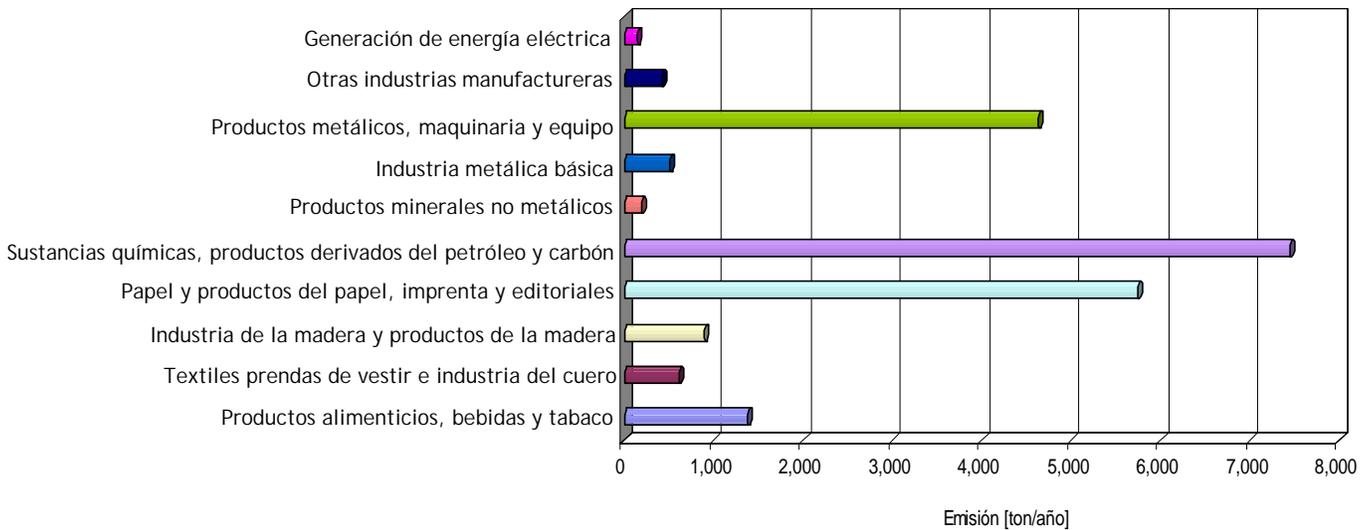
Gráfica 4.1.9 Emisiones de CH_4 por giro industrial en la ZMVM



Compuestos Orgánicos Volátiles

En la gráfica 4.1.10 siguiente se puede observar que los principales giros industriales que contribuyen en la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles, son la industria química, seguida de los productos metálicos y la imprenta y editoriales, éstos giros contribuyen con 17,838 ton/año, que representan alrededor del 81%, destacando la industria química con 7,450 ton/año, los restantes 7 giros contribuyen con 4,172 ton/año.

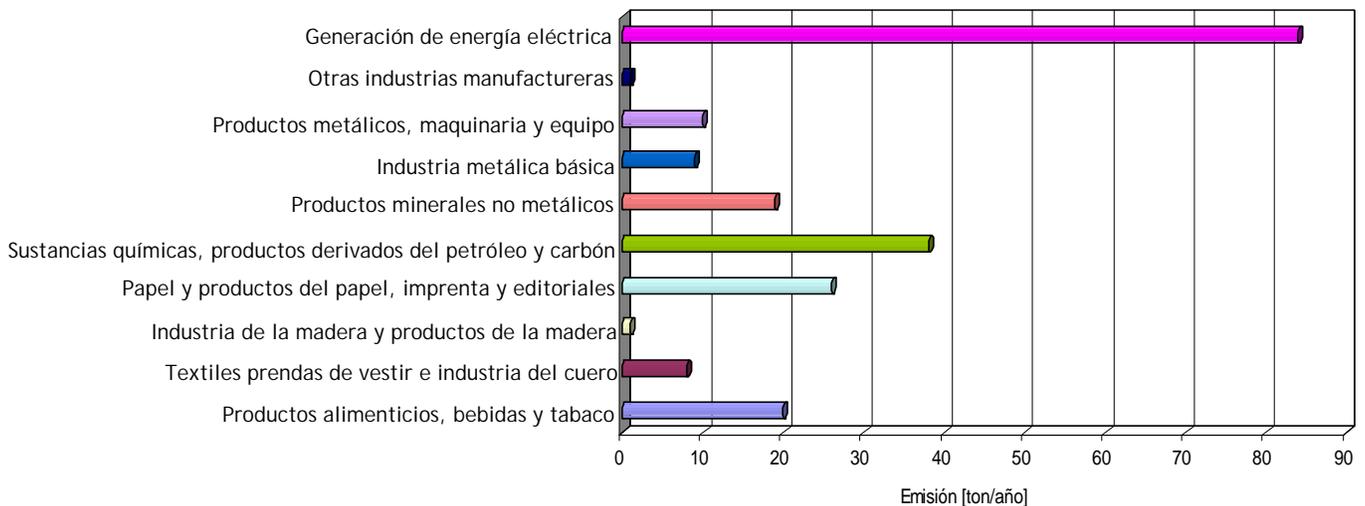
Gráfica 4.1.10 Emisiones de COV por giro industrial en la ZMVM



Amoniaco

Para la emisión de Amoniaco (NH₃), Los giros industriales que contribuyen en mayor proporción son la generación de energía eléctrica, seguida de las sustancias químicas, productos derivados del petróleo y carbón, de hule y de plástico y la industria del papel, imprenta y editoriales éstos 3 giros contribuyen con 148 ton/año, que representan alrededor del 69%, destacando la generación de energía eléctrica con 84 ton/año, los restantes 7 giros contribuyen con 67 ton/año, ver gráfica 4.1.11.

Gráfica 4.1.11 Emisiones de NH₃ por giro industrial en la ZMVM



Generación de emisiones por entidad y jurisdicción

Las emisiones totales estimadas para la industria, por entidad federativa se muestran en la tabla siguiente, en la cual podemos observar que de las 70,828 ton/año de contaminantes criterio que se emiten en la ZMVM, el 31% se generan en industrias ubicadas en el Distrito Federal y 69% en las ubicadas en el Estado de México.

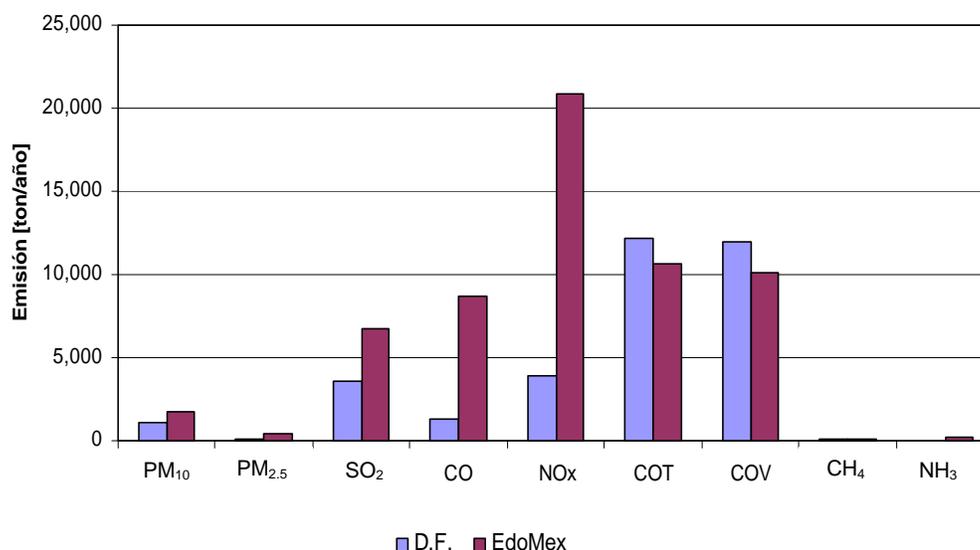
Tabla 4.1.15 Distribución de las emisiones industriales por entidad federativa en la ZMVM

Entidad	Empresas	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Distrito Federal	2,709	1,059	126	3,538	1,322	3,863	12,190	61	11,906	46
EDO MEX²	1,959	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170
TOTAL	4,668*	2,809	572	10,288	10,004	24,717	22,794	181	22,010	216

*Es el número de industrias que emiten algún tipo de contaminante.

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 Compuestos Orgánicos Totales, ver gráfica 4.1.12.

Gráfica 4.1.12 Distribución de emisiones industriales por contaminante y entidad



Emisiones industriales en el Distrito Federal

En la tabla 4.1.16 se observa la distribución de industrias federales y locales ubicadas en el Distrito Federal, notándose una mayor emisión de SO_x, CO y NO_x en las industrias de jurisdicción federal, con respecto a las industrias de jurisdicción local, las industrias del Distrito Federal, emiten mayormente compuestos orgánicos y partículas PM₁₀.

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

Tabla 4.1.16 Emisiones industriales por jurisdicción en el Distrito Federal

Jurisdicción	Empresas	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Federal	1,137	411	84	2,832	838	2,803	3,947	48	3,766	26
Local	1,572	648	42	706	484	1,060	8,243	13	8,140	20
Total	2,709	1,059	126	3,538	1,322	3,863	12,190	61	11,906	46

Tabla 4.1.17 Emisiones por subsector industrial en el Distrito Federal

Subsector	No. de Industrias	Emisiones [ton/año]									
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃	
Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	315	269	23	360	306	465	815	6	803	15	
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	210	79	10	375	71	270	307	3	303	3	
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles.	120	75	0	4	9	7	415	0	374	0	
Papel y productos de papel, Imprenta y editoriales.	389	58	18	579	126	349	4,837	3	4,830	5	
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	666	179	30	1,118	183	622	3,046	39	2,884	10	
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón.	100	147	8	278	103	660	82	2	66	5	
Industrias metálicas básicas.	93	51	19	392	193	909	124	2	121	3	
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	636	148	12	343	272	369	2,145	4	2,139	3	
Otras industria manufactureras.	179	50	3	89	27	109	415	1	384	1	
Generación de energía eléctrica	1	3	3	0	32	103	4	1	2	1	
TOTAL	2,709	1,059	126	3,538	1,322	3,863	12,190	61	11,906	46	

La tabla 4.1.17, nos muestra que el principal emisor de Compuestos Orgánicos Totales 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 la industria metálica es la principal fuente de emisión, el giro de productos de consumo alimenticio es la principal fuente de PM₁₀, y para el monóxido de carbono los productos metálicos.

Emisiones por rama industrial en el Distrito Federal

En la siguiente tabla se desagregan las emisiones por rama de actividad industrial para el Distrito Federal.

Tabla 4.1.18 Emisiones por rama industrial en el Distrito Federal

RAMA	INDUSTRIAS	EMISIONES [ton/año]									
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃	
3111	41	3	0	5	7	8	3	0	3	0	
3112	33	7	2	62	17	51	4	1	3	1	
3113	20	10	1	16	3	15	1	0	1	0	
3114	24	42	1	17	7	11	2	0	2	0	
3115	21	121	3	3	33	61	714	1	711	1	
3116	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3117	16	5	1	60	5	29	2	0	2	1	
3119	56	18	1	29	9	26	4	0	4	7	
3121	51	18	2	11	23	36	6	1	4	1	
3122	12	15	1	55	21	23	8	0	8	0	
3130	39	27	11	102	178	201	72	3	65	4	
3140	1	3	0	0	3	4	0	0	0	0	
3211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3212	83	48	8	308	42	151	142	2	140	2	

..... Continuación de la tabla 4.1.18

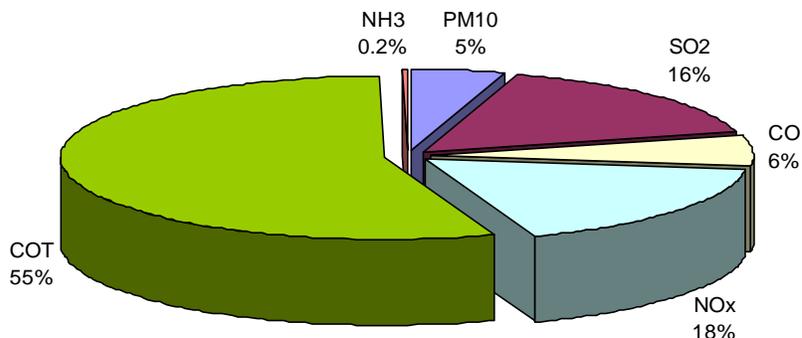
RAMA	INDUSTRIAS	EMISIONES [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3213	17	13	1	1	17	75	70	1	68	0
3214	28	8	1	19	6	26	4	0	4	1
3220	44	2	0	12	3	8	22	0	22	0
3230	22	8	0	34	3	11	53	0	53	0
3240	16	0	0	1	0	0	16	0	16	0
3311	12	9	0	2	6	3	19	0	16	0
3312	14	10	0	0	0	0	37	0	33	0
3320	94	56	0	2	3	4	359	0	325	0
3410	81	30	17	573	114	321	1,028	3	1,022	5
3420	308	29	1	6	12	28	3,809	0	3,808	0
3511	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3512	72	57	5	73	29	88	46	1	38	1
3513	6	16	10	572	13	52	1	0	1	2
3521	132	10	3	153	24	63	206	34	178	1
3522	197	64	9	204	84	323	914	3	889	3
3540	19	1	0	5	2	7	1	0	0	0
3550	59	8	2	84	19	41	65	0	63	2
3560	181	24	1	27	12	49	1,813	1	1,715	1
3611	5	0	0	0	11	3	2	0	2	0
3612	6	1	0	0	0	0	5	0	5	0
3620	18	29	6	210	83	621	21	2	17	4
3691	71	116	2	68	9	36	53	0	42	1
3710	28	28	13	376	107	745	21	0	20	1
3720	65	23	6	16	86	164	103	2	101	2
3811	19	4	1	5	15	11	21	0	21	0
3812	22	2	0	1	3	7	54	0	54	0
3813	78	39	1	6	40	25	597	1	597	1
3814	319	75	4	237	140	129	588	1	586	1
3821	23	1	0	1	1	0	64	0	64	0
3822	22	8	0	0	16	100	43	1	41	0
3823	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0
3831	43	4	0	6	5	8	46	0	46	0
3832	9	0	0	0	0	0	102	0	102	0
3833	10	1	1	0	11	7	3	0	3	0
3841	75	12	4	84	37	68	599	1	597	1
3842	8	1	1	3	3	11	27	0	27	0
3850	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0
3900	179	50	3	89	27	109	415	1	384	1
4100	1	3	3	0	32	103	4	1	2	1
TOTAL	2709	1,059	126	3,538	1,322	3,863	12,190	61	11,906	46

De acuerdo a la tabla 4.1.18 se tiene que las ramas industriales más emisoras para cada uno de los contaminantes son: para PM₁₀, con 121 ton/año la rama 3115 “Elaboración de productos de panadería”; de PM_{2.5} y SO₂ con 17 y 573 ton/año respectivamente tenemos la rama 3410 “Manufactura de celulosa, papel y sus productos ”; para el CO, con 178 ton/año la rama 3130 “Industria de la bebida” para NO_x, con 745 ton/año la rama 3710 “Industria básica del hierro y del acero”; para los COT, con 3,808 ton/año la rama 3420 “Imprentas, editoriales e industrias conexas”; y finalmente para NH₃, con 7 ton/año la rama 3119 “Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de

confitería”. Se tiene que en el Distrito Federal la mayor emisión está dada por los COT, con 12,190 ton/año.

La distribución de las emisiones, se observa en la gráfica 4.1.13, el contaminante que más se emite en las industrias establecidas en el Distrito Federal, son los Compuestos Orgánicos Totales con el 55% de las emisiones, seguido de los óxidos de nitrógeno con el 18% y el bióxido de azufre con 16%, en menor medida se encuentran el monóxido de carbono con 6%, las partículas PM₁₀ con 5% y el amoníaco con sólo el 0.2%.

Gráfica 4.1.13 Contribución de emisiones industriales por contaminante en el DF



Un aspecto importante es la distribución de las emisiones contaminantes por delegación, en la siguiente tabla, 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, y en el caso de emisiones son las delegaciones de Azcapotzalco e Iztapalapa, las que más contribuye dentro del Distrito Federal.

Tabla 4.1.19 Emisiones industriales por delegación política en el Distrito Federal

Delegación	Empresas	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
A. Obregón	136	55	4	94	24	69	307	1	289	1
Azcapotzalco	464	324	37	385	461	1,160	2,747	12	2,658	12
B. Juárez	139	13	1	75	26	37	243	0	239	1
Coyoacán	107	15	1	86	16	52	154	1	151	1
Cuajimalpa	7	2	0	9	1	3	0	0	0	0
Cuauhtemoc	182	62	7	355	74	216	1,028	2	1,022	3
G.A. Madero	322	136	10	261	164	612	960	2	941	10
Iztacalco	266	100	4	109	37	310	933	1	926	1
Iztapalapa	528	146	13	573	215	296	2,872	2	2,817	3
M. Contreras	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0
M. Hidalgo	226	53	20	323	219	842	1,145	6	1,125	9
Milpa Alta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tláhuac	69	20	0	21	6	18	119	0	117	0
Tlalpan	65	56	11	684	26	102	229	33	198	3
V. Carranza	166	61	17	550	42	119	1,345	1	1,316	2
Xochimilco	29	16	1	13	10	27	107	0	106	0
TOTAL	2,709	1,059	126	3,538	1,321	3,863	12,190	61	11,906	46

Emisiones industriales en el Estado de México

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 4.1.20, 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 PM₁₀, CO, NO_x y COT, para el caso del bióxido de azufre, las industrias locales emiten más que las federales.

Tabla 4.1.20 Emisiones industriales por jurisdicción en el Estado de México.

Entidad	Empresas	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Federal	737	985	358	2,674	6,159	17,982	6,077	99	5,783	150
Local	1,222	765	88	4,076	2,523	2,872	4,527	21	4,321	20
Total	1,959	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170

De las industrias establecidas en los municipios conurbados del Estado de México, el principal contaminante generado son los óxidos de nitrógeno (20,854 ton/año), siendo el giro de generación de energía eléctrica el mayor emisor; en el caso de los Compuestos Orgánicos Totales se emiten más de 10,500 ton/año, siendo el giro más emisor, la industria química y de plástico; de bióxido de azufre se emiten más de 6,500 ton/año, siendo los principales emisores la industria del vestido y el giro de papel y productos de papel.

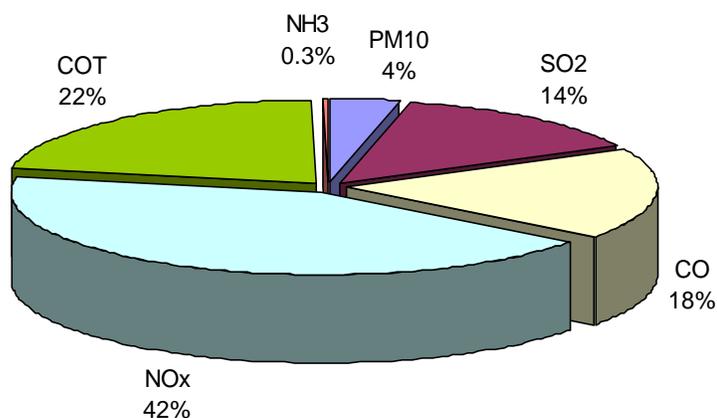
Referente al monóxido de carbono tenemos que se emiten 8,682 ton/año, siendo la industria química el giro mas emisor. Para las partículas PM₁₀ tenemos que, se emiten 1,750 ton/año, siendo la industria metálica básica, la que más contribuye. En cuanto al amoniaco se tiene que en el Estado de México se emiten 170 ton/año, siendo el giro emisor más importante la generación de energía eléctrica, como se puede observar en la tabla 4.1.21 que a continuación se muestra.

Tabla 4.1.21 Emisiones industriales por subsector en el Estado de México.

Subsector	No. de Industrias	Emisiones [ton/año]									
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃	
Productos alimenticios, bebidas y tabaco.	163	97	18	749	256	665	599	8	581	5	
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	189	271	20	1,838	191	1,037	311	3	308	5	
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles.	62	55	3	236	76	63	604	1	527	1	
Papel y productos de papel, Imprenta y editoriales.	162	105	60	1,214	523	845	937	13	912	21	
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico.	511	215	58	1,214	3,197	1,689	4,738	14	4,569	28	
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón.	101	109	35	490	717	3,690	172	9	125	14	
Industrias metálicas básicas.	123	462	15	223	764	213	402	4	395	6	
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	582	226	36	630	1,142	1,072	2,511	7	2,504	7	
Otras industria manufactureras.	62	11	2	140	32	57	42	1	39	0	
Generación de energía eléctrica	4	199	199	16	1,784	11,523	288	60	144	83	
TOTAL	1,959	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170	

En la siguiente gráfica 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 Compuestos Orgánicos, le siguen el CO y el SO₂; la emisión de partículas menores a 10 micrómetros y amoniaco es pequeña comparada con los otros contaminantes.

Gráfica 4.1.14 Contribución de emisiones industriales por contaminante en el Estado de México



Emisiones por Rama industrial en el Estado de México

En la tabla siguiente se presentan las emisiones desagregadas por rama de actividad industrial para el Estado de México.

Tabla 4.1.22 Emisiones por rama industrial en el Estado de México

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3111	38	3	1	12	12	14	3	0	2	1
3112	12	5	1	164	8	46	1	0	1	0
3113	11	3	0	11	2	33	2	0	2	0
3114	13	21	2	76	70	43	3	1	2	1
3115	10	1	0	2	1	4	1	0	1	0
3116	4	23	0	0	6	11	0	0	1	0
3117	17	13	8	296	42	105	25	1	23	1
3119	13	2	0	10	6	6	1	0	1	0
3121	17	11	4	37	43	53	9	1	6	2
3122	11	4	1	57	8	17	539	0	538	0
3130	17	11	1	84	58	333	16	5	4	0
3140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3211	5	1	0	11	4	3	0	0	0	0
3212	117	236	17	1,643	131	519	197	2	194	5
3213	10	10	1	4	19	462	24	0	24	0
3214	7	14	2	159	30	42	68	1	67	0
3220	31	3	0	19	4	6	20	0	19	0
3230	12	7	0	2	2	6	3	0	3	0
3240	7	0	0	0	1	1	1	0	1	0
3311	12	25	3	225	62	57	20	1	19	1
3312	14	1	0	2	1	1	113	0	98	0
3320	36	29	0	9	13	5	471	0	410	0
3410	101	103	60	1,211	495	832	135	13	110	21
3420	61	2	0	3	28	13	803	0	802	0
3511	6	2	0	0	0	0	15	0	16	0
3512	174	89	35	875	2,101	1,182	1,955	7	1,875	17
3513	8	6	6	3	66	79	184	2	179	2

.....Continuación de la tabla 4.1.22

Rama	Industrias	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
3521	25	4	1	18	19	16	4	0	3	0
3522	133	52	11	107	100	281	1,166	3	1,129	5
3540	27	43	1	107	7	38	2	0	1	1
3550	45	10	3	67	39	66	459	1	457	2
3560	93	11	1	37	865	27	951	1	909	1
3611	8	5	5	3	19	59	3	0	2	1
3612	9	2	1	2	27	31	3	1	2	0
3620	27	28	27	371	654	3,187	53	8	32	11
3691	57	73	2	114	17	413	112	0	89	2
3710	58	304	11	138	720	129	253	3	248	4
3720	65	158	4	85	44	84	148	1	147	2
3811	45	48	15	219	293	104	11	1	10	1
3812	27	6	1	60	3	26	42	0	42	0
3813	11	0	0	0	2	2	32	0	32	0
3814	245	74	12	124	295	329	1,051	4	1,049	4
3821	25	5	0	5	79	21	27	0	27	0
3822	15	1	0	1	2	2	19	0	19	0
3823	2	0	0	1	5	1	16	0	17	0
3831	54	11	0	5	6	13	343	0	342	0
3832	12	3	0	1	2	2	3	0	3	0
3833	23	26	1	2	11	19	24	0	23	1
3841	93	47	7	211	440	542	902	2	899	1
3842	22	4	0	1	3	9	38	0	38	0
3850	8	0	0	0	1	0	3	0	3	0
3900	62	11	2	140	32	57	42	1	39	0
4100	4	199	199	16	1,784	11,523	288	60	144	83
TOTAL	1,959	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170

En la tabla 4.1.22 se observa que las ramas que más contribuyen por tipo de contaminante son: para PM₁₀ con 303 ton/año la rama 3710 “Industria básica del hierro y del acero”; para PM_{2.5}, NOx, CH₄ y NH₃ con 199, 11,523, 60 y 83 ton/año la rama 4100 “Generación de energía eléctrica”, para SO₂ con 1,643 ton/año la rama 3212 “Hilado, tejido y acabado de fibras blandas”; para CO y COT con 2,101 y 1,955 ton/año la rama 3512 “Fabricación de sustancias químicas básicas (excluye las petroquímicas básicas)”. La mayor aportación de contaminantes en los Municipios conurbados del Estado de México son los NOx con 20,854 ton/año.

En la tabla 4.1.23 tenemos la distribución espacial por municipio y por tipo de contaminante. Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez y Ecatepec destacan por la gran cantidad de industrias establecidas en su demarcación y por su contribución de emisiones.

Tabla 4.1.23 Emisiones industriales por municipio en el Estado de México.

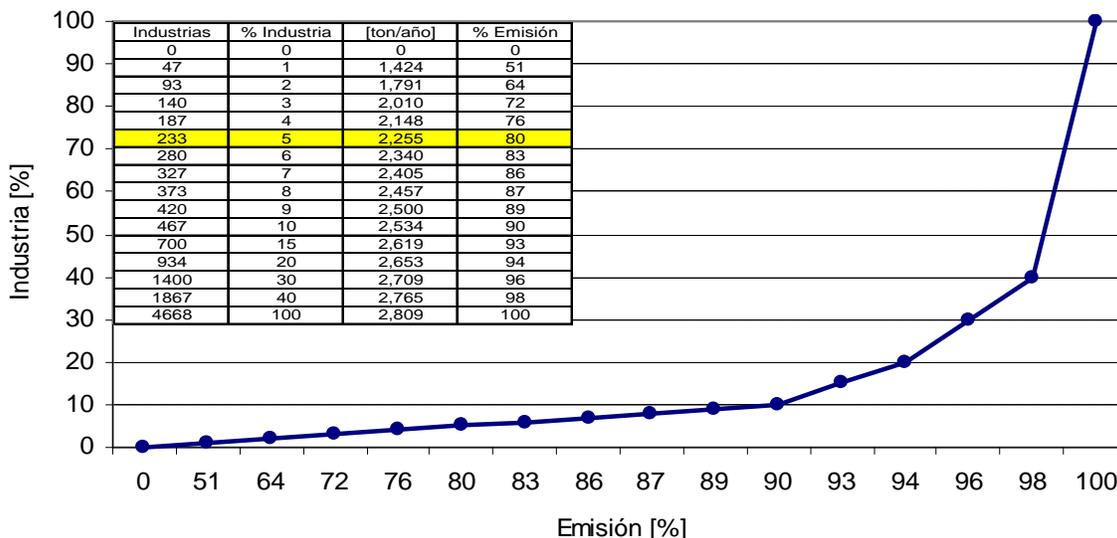
Municipio	Empresas	Emisiones [ton/año]								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Acolmán	4	155	155	28	1,712	9,641	274	47	161	65
Atizapán de Zaragoza	110	160	4	374	116	77	255	2	250	1
Coacalco	6	7	0	0	0	0	5	0	5	0
Cuautitlán	63	20	9	143	69	78	709	1	706	2
Cuautitlán Izcalli	144	45	5	400	119	284	994	1	970	2
Chalco	30	44	4	144	92	72	10	1	8	1
Chicoloapan	17	6	2	14	8	62	2	0	2	0
Chimalhuacan	5	21	0	14	0	6	0	0	0	0
Ecatepec	343	278	76	1,235	1,795	1,789	1,664	17	1,555	31
Huixquilucan	6	2	0	13	1	4	0	0	0	0
Ixtapaluca	35	48	4	535	151	120	17	1	16	1
La Paz	72	48	8	453	82	153	239	1	236	3
Naucalpan	392	380	31	864	966	1,187	1,810	6	1,722	9
Nezahualcóyotl	58	9	1	10	6	12	905	0	903	0
Nicolás Romero	6	12	3	230	2	32	1	0	0	0
Tecámac	20	6	1	47	5	18	82	0	75	0
Tlalnepantla	526	403	83	1,804	3,307	5,178	2,616	25	2,521	32
Tultitlán	122	104	60	442	251	2,141	1,021	18	974	23
TOTAL	1,959	1,750	446	6,750	8,682	20,854	10,604	120	10,104	170

Análisis de las Industrias más contaminantes

En las siguientes gráficas se hace un análisis del número de industrias que contribuyen significativamente a la emisión de cada uno de los contaminantes criterios evaluados para la ZMVM.

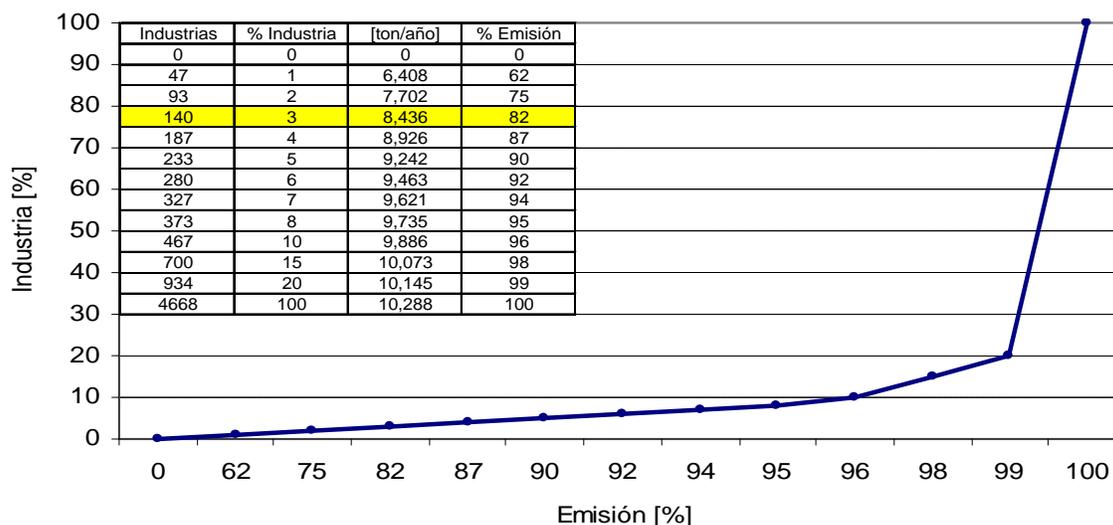
En la gráfica 4.1.15 se puede observar que en la emisión de PM₁₀, para la ZMVM tan sólo el 5% de la industria (233 industrias) contribuyen con el 80% de las emisiones de éste contaminante, lo cual indica que los esfuerzos para controlar la emisión de éste contaminante, deben estar dirigidos hacia éstas empresas.

Gráfica 4.1.15 Número de industrias más emisoras de PM₁₀



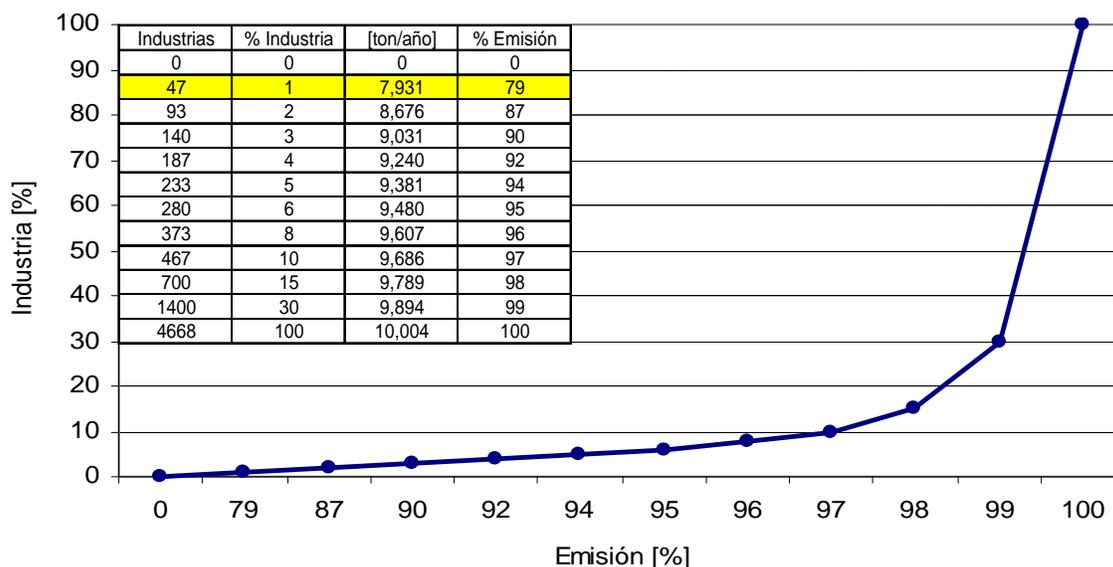
En la emisión de SO₂, para la ZMVM, tenemos que tan sólo el 3% de la industria (140 industrias) contribuyen con el 82% de las emisiones de este contaminante, lo cual indica que los esfuerzos para controlar la emisión de SO₂ debe estar dirigido hacia estas empresas, y que éste 3% consume algún tipo de combustible líquido ya que éste contaminante en su mayoría se genera por la combustión de combustibles con alto contenido de azufre, ver gráfica 4.1.16.

Gráfica 4.1.16 Número de industrias más emisoras de SO₂



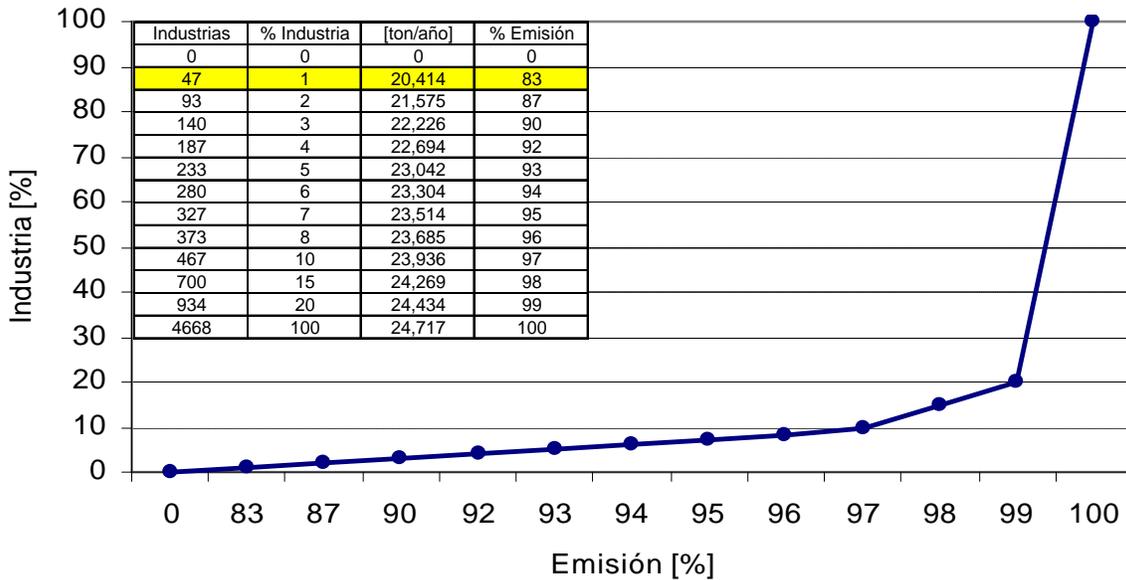
En la gráfica 4.1.17 podemos observar que en la emisión de CO, para la ZMVM tan sólo 47 industrias (1%), contribuye con el 79% de las emisiones de este contaminante, dentro de estas industrias se encuentran las que consumen gran cantidad de combustibles y la industria química. Se debe tomar en cuenta que dentro de las industrias, se consideraron las plantas generadoras de energía que se ubican alrededor del Valle de México, las cuales consumen un porcentaje importante de combustibles fósiles.

Gráfica 4.1.17 Número de industrias más emisoras de CO



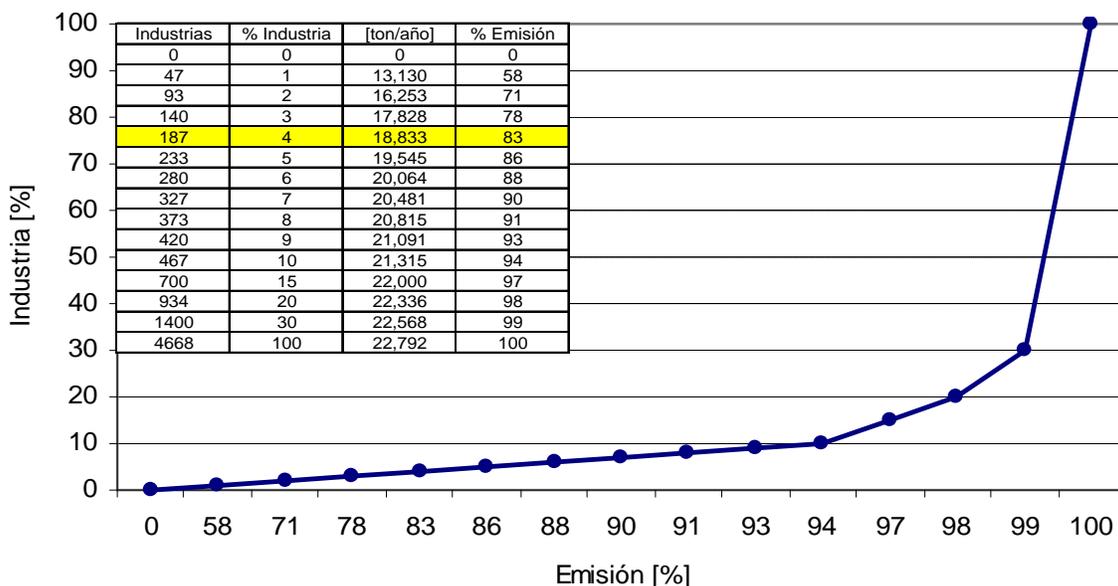
En la gráfica 4.1.18, se observa que en la emisión de NOx, para la Zona Metropolitana del Valle de México, tan sólo el 1% de la industria contribuyen con el 83% de las emisiones de este contaminante, esto nos indica que tan sólo 47 industrias consumen la mayor parte del combustible que se distribuye en la ZMVM. Considerando a las plantas generadoras de energía eléctrica como las más contaminantes.

Gráfica 4.1.18 Número de industrias más emisoras de NOx



De la gráfica 4.1.19, tenemos que para la emisión de COT en la ZMVM, tan sólo el 4% de la industria (187 industrias) contribuyen con el 83% de las emisiones de este contaminante, dentro de estas industrias podemos encontrar a la industria química como principal emisor seguido de los productos de impresión, éste comportamiento es igual para los HCNM y los COV's.

Gráfica 4.1.19 Número de industrias más emisoras de COT



4.2 FUENTES DE ÁREA

Las fuentes de área de la ZMVM, son demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas individualmente en el inventario como las fuentes puntuales; las emisiones generadas por éstas fuentes se agruparon en las siguientes categorías:

- Combustión en fuentes estacionarias,
- Fuentes móviles que no circulan por carreteras,
- Uso de solventes,
- Almacenamiento y transporte de productos del petróleo,
- Fuentes industriales ligeras y comerciales,
- Manejo y tratamiento de residuos y
- Fuentes de área misceláneas.

Cada una de las anteriores categorías está integrada por subcategorías, la cual a su vez puede incluir varias modalidades de la subcategoría, por ejemplo la categoría de uso de solventes, está integrada por las subcategorías: consumo de solventes, limpieza de superficies en la industria, recubrimiento de superficies arquitectónicas, recubrimiento de superficies industriales, lavado en seco, artes gráficas, pintado de carrocerías, pintado de señalamientos de tránsito y aplicación de asfalto, la primera de éstas a su vez se divide en: productos en aerosol, productos domésticos, productos de cuidado personal, productos de cuidado automotriz, adhesivos y selladores, pesticidas comerciales y domésticos y productos misceláneos. Tabla 4.2.1.

Tabla 4.2.1 Fuentes de área inventariadas

Uso de solventes

Uso comercial y doméstico de solventes

Productos en aerosol
Productos domésticos
Productos de cuidado personal
Productos de cuidado automotriz
Adhesivos y selladores
Pesticidas comerciales y domésticos
Productos misceláneos

Limpieza de superficies en la industria

Recubrimiento de superficies arquitectónicas

Recubrimiento de superficies industriales

Lavado en seco

Artes gráficas

Pintura automotriz (pintado de carrocerías)

Pintura tránsito

Aplicación de asfalto

Combustión en fuentes estacionarias

Combustión habitacional

Uso de gas LP
Uso de gas natural

Combustión comercial- institucional

Uso de gas LP
Uso de gas natural

Fuentes de área misceláneas

Incendio en estructuras

Incendios forestales

Erosión eólica del suelo

Emisiones domésticas de amoníaco

Fuentes móviles que no circulan por carreteras

Operación de aeronaves

Locomotoras

Foráneas a diesel
Patio a diesel

Terminales de autobuses de pasajeros

Almacenamiento y transporte de productos del petróleo

Distribución de gas LP

Descarga de carotanque en estaciones de servicio

Descarga a tanques estacionarios

Distribución y venta de recipientes portátil

Almacenamiento y distribución de gas LP

Terminales de almacenamiento masivo de gas LP

Almacenamiento

Descarga de semirremolques

Recarga de autotanques

Llenado de recipientes portátiles

Fugas de gas LP en uso doméstico

Fugas en instalaciones domésticas

Fugas en Calentadores

HCNQ por combustión de gas LP residencial

Estufas

Calentadores

Distribución y venta de gasolina

Pipas en tránsito

Llenado de tanques subterráneos

Respiración de tanques subterráneos

Carga de combustibles en vehículos

Derrames

Almacenamiento masivo de combustibles líquidos

Gasolina

Turbosina

Combustible Industrial

Diesel

Recarga de aeronaves

Turbosina

Gas avión

Fuentes industriales ligeras y comerciales

Fermentación "panaderías"

Manejo y tratamiento de residuos

Rellenos sanitarios

Tratamiento de aguas residuales

4.2.1 Metodología

En ésta sección se presentan los aspectos metodológicos del inventario de emisiones de fuentes de área, así como los procedimientos, criterios y consideraciones utilizadas para estimar las emisiones contaminantes al aire. En lo general se aplicó la metodología de estimación de emisiones propuesta en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, publicados por el Instituto Nacional de Ecología. Se incorporaron en la medida de lo posible, las recomendaciones resultantes de la evaluación del Inventario de Emisiones de la ZMVM de 1998, que realizó la empresa “Eastern Reseach Group”, y las 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.

La metodología del INE, para estimar las emisiones contaminantes al aire de las fuentes de área, es la más variada, debido a que los sectores que integran las fuentes de área, involucran a todos los procesos generadores de emisión, en este sector las emisiones contemplan tanto los de combustión, como de los procesos de degradación biológica de la materia orgánica, fugas de combustibles y evaporación de solventes, entre las principales.

En la mayor parte de las categorías de fuentes de área, se estimaron las emisiones de los compuestos orgánicos totales, metano y los compuestos orgánicos volátiles, sólo en aquellas donde se realizan procesos de combustión, se estiman otros contaminantes como partículas, bióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y amoniaco; y en algunos otros donde hay procesos de degradación, metano y/o amoniaco.

Para el cálculo de las emisiones se utilizaron factores de emisión *per Cápita*, factores de emisión por nivel de actividad, y modelos de emisión (Landfill¹, Tanks², Faeed³) que al igual que los factores de emisión fueron desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norte América (USEPA) y adaptados para su aplicación en México por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal; en algunos casos se han utilizados factores de emisión locales, como es el caso del almacenamiento y distribución de gas LP para uso doméstico, que fueron obtenidos a través de estudios locales por el Instituto Mexicano del Petróleo⁴ y el TÜV Rheinland de México.⁵

Los factores de emisión y modelos computacionales fueron analizados de tal forma que permitiera incluir la información meteorológica característica a la zona de estudio, las propiedades físicas y químicas de los combustibles, así como otras variables (sistemas de control) para obtener resultados representativos de la ZMVM.

Posteriormente se analizó la información disponible, con el objetivo de determinar el nivel de actividad asociado al factor de emisión, o la aplicación del modelo respectivo a la

1 U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Storage Tank Emissions Calculation Software (TANKS) Version 4.0, Emission Factor and Inventory Group Emissions, Monitoring and Analysis Division, Office of Air Quality Planing and Standards.

2 Envaironmental Protection Agency EPA-USA, Washington, DC 20460, May 1998; User´s Manual Lanfill Gas Emissions Model V.2.01, <http://www.epa.gov/ttn/atw/landfill/landflpg.html>

3 U.S. Envaironmental Protection Agency “EPA”. FAA Aircraft Engine Emission User Guide and Datbase (FAEED 3.1) <http://www.epa.gov/otaq/aviation.htm>

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

5 Programa para la Reducción y Eliminación de Fugas de GLP en las Instalaciones Domésticas de la ZMVM. Agosto 2000.

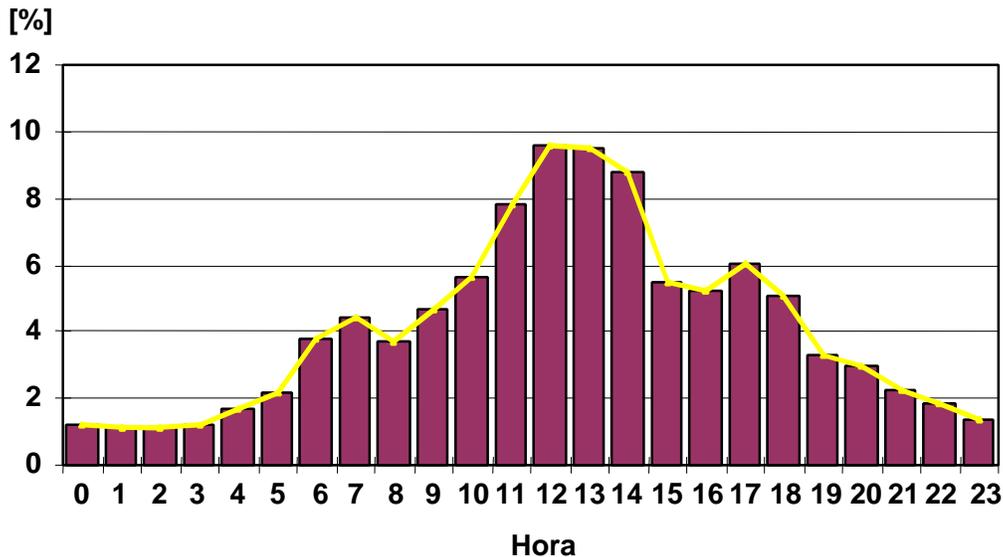
fuelle emisor; la información fue obtenida de varias instituciones, entre ellas, se encuentra la Secretaría de Energía, la Secretaría de Obras y Servicios, la Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal, del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, PEMEX Refinación y Petroquímica Básica, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, entre otras, la información fue solicitada de manera oficial; en otros casos se obtuvo vía internet de las siguientes direcciones electrónicas:

- <http://www.concamin.org.mx>
- <http://www.asa.com.mx>
- <http://www.inegi.gob.mx>
- <http://www.sma.df.gob.mx>

4.2.2 Emisiones horarias

Las características principales para la elaboración del inventario horario fueron, la variabilidad temporal, los cambios estacionales en los niveles de actividad, los cuales fueron analizados por categorías, por ejemplo la mayoría de los procesos asociados a la combustión, no tienen una gran variabilidad estacional en su actividad a lo largo del año, al igual que la distribución de los combustibles en la ZMVM; caso diferente fueron las emisiones de los incendios forestales y estructurales, los cuales se consideran como eventos no predecibles. Se tomó en cuenta los horarios de operación de aeronaves y locomotoras de patio y foráneas para obtener las emisiones generadas en cada hora del día. A partir del análisis anterior se construye el perfil de emisiones horarias que se muestra en la Gráfica 4.2.1.

Gráfica 4.2.1 Perfil de emisión horaria



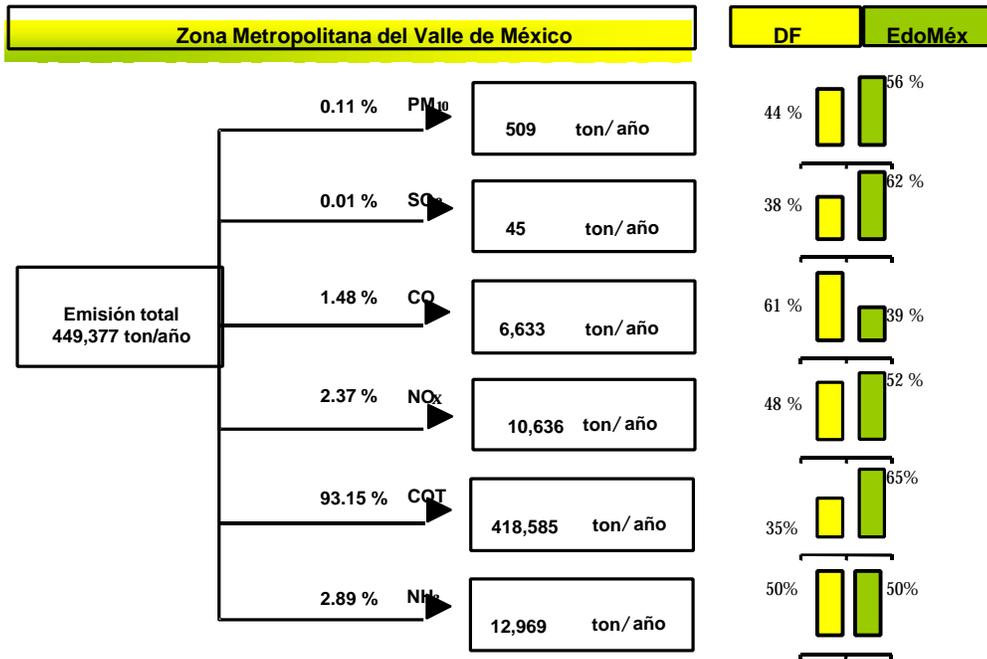
Del perfil de emisiones horarias que se muestra en la gráfica anterior, observamos que al dividir el perfil de emisión horaria del día en tres periodos de tiempo, tenemos que de:

1. 00:00 - 06:00 horas se emite el 12.5% de las emisiones contaminantes,
2. 07:00 - 16:00 horas se emite el 64.7% de las emisiones contaminantes,
3. 17:00 - 23:00 horas se emite el 22.8% de las emisiones contaminantes.

4.2.3 Emisiones anuales

En la Zona Metropolitana del Valle de México, se estimó, que las fuentes de área, en el año 2000, emitieron más de 449 mil toneladas de contaminantes criterio y amoniaco, de los cuales más del 93% corresponde a la emisión de COT y de ésta, el 47% son compuestos orgánicos volátiles. Por otra parte las emisiones de NO_x, de CO, de partículas PM₁₀, de SO₂ y NH₃ en su conjunto suman menos del 7% de las emisiones totales, lo anterior se muestra en la Gráfica 4.2.2, así mismo, se puede observar que la emisión por contaminante se da en mayor proporción en el Estado de México, a excepción de la emisión de CO que es mayoritaria en el Distrito Federal.

Gráfica 4.2.2 Distribución de Emisiones por Entidad Federativa



En las Tabla 4.2.2 y Tabla 4.2.3, se muestran las emisiones de fuentes de área por categoría y por subcategorías respectivamente para cada contaminante inventariado.

Tabla 4.2.2 Inventario de emisiones por categoría

Categoría	Emisiones [ton/año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Combustión en fuentes estacionarias	347	347	16	2,806	7,281	464	125	258	N/E
Fuentes móviles no carreteras	60	56	22	2,700	3,322	1,632	148	1,569	N/E
Uso de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	173,443	N/A	129,565	N/A
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	60,889	5	59,929	N/A
Fuentes industriales ligeras y comerciales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,497	N/A	4,497	N/A
Manejo de residuos	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	177,579	168,240	1,938	N/E
Fuentes de área miscelánea	102	89	7	1,127	33	81	32	47	12,969
Total	509	492	45	6,633	10,636	418,585	168,550	197,803	12,969

N/E: No estimado; N/A: No aplica

Tabla 4.2.3 Inventario de emisiones por subcategorías

Subcategorías	Emisiones por contaminante [ton/año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Combustión industrial	192	192	15	2121	2,524	277	58	139	N/E
Combustión comercial/institucional	37	37	N/S	165	1,198	45	16	29	N/E
Combustión habitacional	118	118	1	520	3559	142	51	90	N/E
Operación de aeronaves	15	14	N/S	2,366	1,344	1,530	147	1,469	N/E
Locomotoras (foráneas/ patio)	45	42	22	244	1,928	81	N/E	80	N/A
Terminales de Autobuses de pasajeros	N/S	N/S	N/E	90	50	21	1	20	N/S
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	21,724	N/A	21,463	N/A
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,376	N/A	2,347	N/A
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	23,081	N/A	20,081	N/A
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	679	N/A	671	N/A
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	30,548	N/A	18,330	N/A
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,195	N/A	5,913	N/A
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6,789	N/A	6,789	N/A
Aplicación de asfalto	N/E	N/E	N/A	N/A	N/A	371	N/A	371	N/A
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	77,680	N/A	53,600	N/A
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	953	N/A	953	N/A
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6	N/S	6	N/A
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	10,026	1	9,864	N/A
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	22,763	2	22,400	N/A
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	27,141	2	26,706	N/A
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4,479	N/A	4,479	N/A
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	18	N/A	18	N/A
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/A	N/E	N/A	175,472	168,240	N/E	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,107	N/A	1,938	N/E
Incendio en estructuras	30	27	N/E	462	12	37	N/A	27	N/A
Incendios forestales	72	62	7	665	21	44	32	20	3
Emisiones domésticas de amoníaco	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	12,966
Total	509	492	45	6,633	10,636	418,585	168,550	197,803	12,969

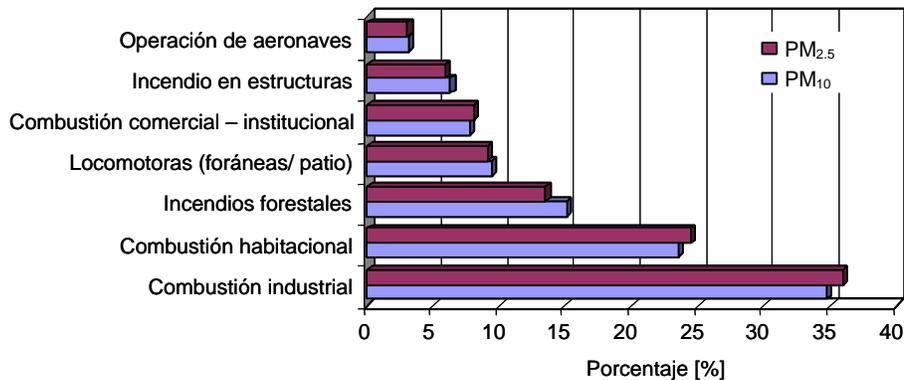
N/E: No estimado; N/S: No significativo; N/A: No aplica

4.2.4 Emisiones por contaminante

Partículas PM₁₀ y PM_{2.5}

Las emisiones totales de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, tienen un comportamiento similar, en ambos casos la combustión industrial es la de mayor contribución, con 35% y 36% respectivamente, seguida de la combustión residencial de gas LP y gas natural en estufas y calentadores instalados en las más de 4 millones de viviendas de la ZMVM, con poco más del 23% y 24%, los incendios forestales aportan el 15% y 14% respectivamente, por su parte la operación de locomotoras foráneas y de patio generaron más del 9% de ambos contaminantes por la combustión de diesel, el resto de las actividades emisoras de material particulado en su conjunto emitieron el 18% y 17%.

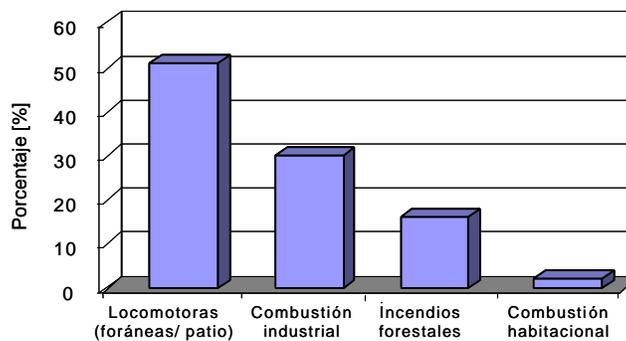
Gráfica 4.2.3 Distribución porcentual de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}



Bióxido de azufre

El bióxido de azufre, es emitido principalmente por cuatro actividades, resaltando las emisiones generadas por la combustión del diesel en las locomotoras, estas generan más del 50%, en orden de importancia tenemos las emisiones de la combustión industrial, en este subsector se emite el 30%; por su parte los incendios forestales aportan cerca del 16% y en menor proporción la combustión habitacional contribuye con el 2%.

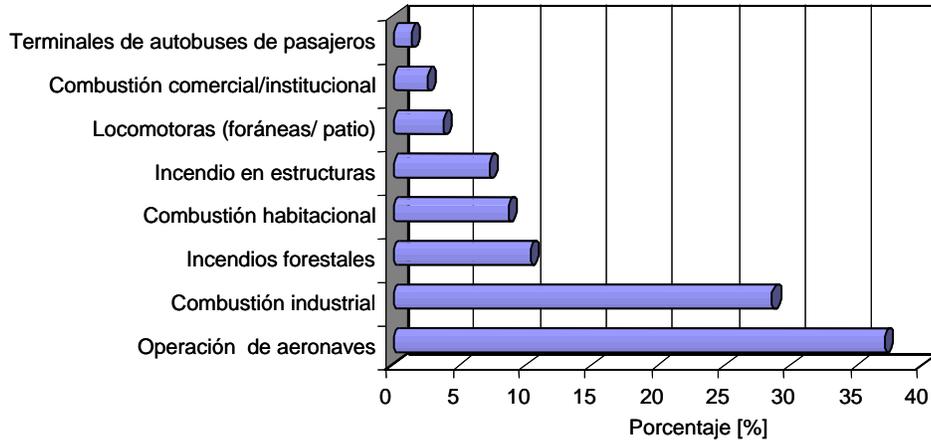
Gráfica 4.2.4 Distribución porcentual de SO₂ por actividad



Monóxido de carbono

Las actividades relevantes, respecto a la contribución de CO, son: la operación de aeronaves y la combustión del gas natural en la industria, que contribuyen con más del 37% y el 28% respectivamente.

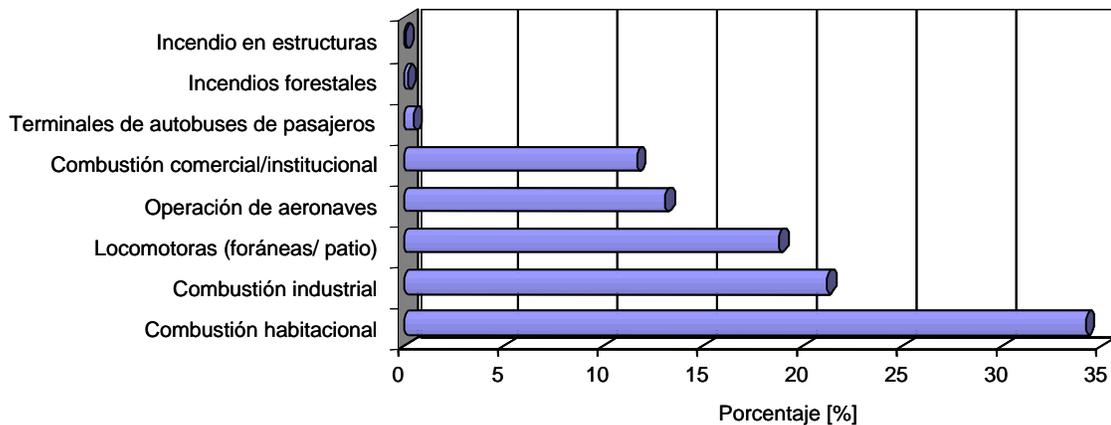
Gráfica 4.2.5 Distribución porcentual de CO por actividad



Óxidos de nitrógeno

De las más de 10 mil toneladas de óxidos de nitrógeno que se emiten en las fuentes de área, el 67% son generadas por la combustión en fuentes estacionarias, destacando la combustión del gas LP en casa habitación, la cual emite aproximadamente la mitad de ésta emisión, y la combustión industrial del gas natural que contribuye con cerca de una tercera parte de las emisiones de NO_x; por su parte la operación de locomotoras, aporta el 19% y la operación de aeronaves el 13% de las emisiones totales de NO_x.

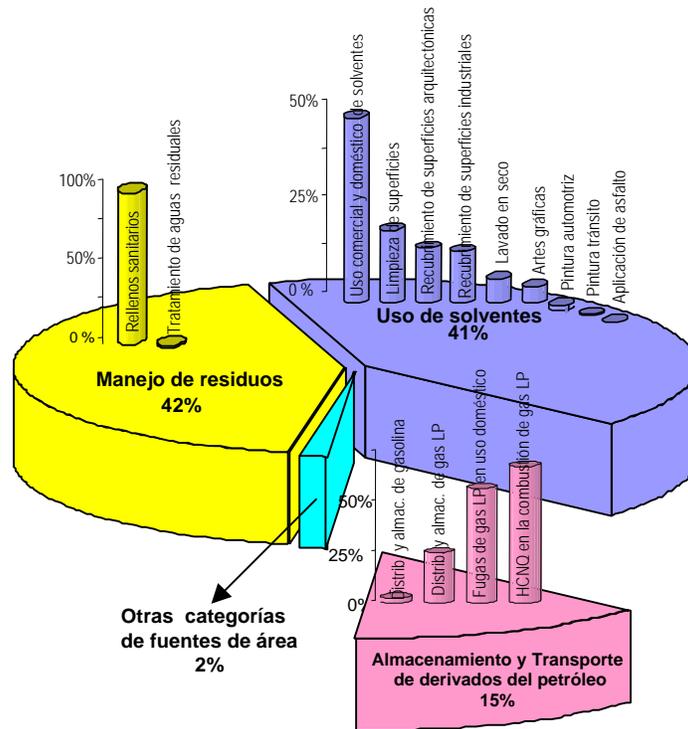
Gráfica 4.2.6 Distribución porcentual de NO_x por actividad



Compuestos orgánicos totales

El 42% de las emisiones de COT, se generan casi en su totalidad por la degradación de residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios, en su mayoría es CH₄; otra cantidad importante de COT (41%) proviene de la evaporación de los solventes contenidos en los diferentes productos comerciales, usados para el cuidado personal y de automotores, adhesivos y selladores, entre otros. Por el almacenamiento, transporte y uso de derivados del petróleo, se emitió el 15% de las emisiones totales de COT, éstos en su mayoría son fugas de gas LP.

Gráfica 4.2.7 Distribución porcentual de emisiones de COT por categoría

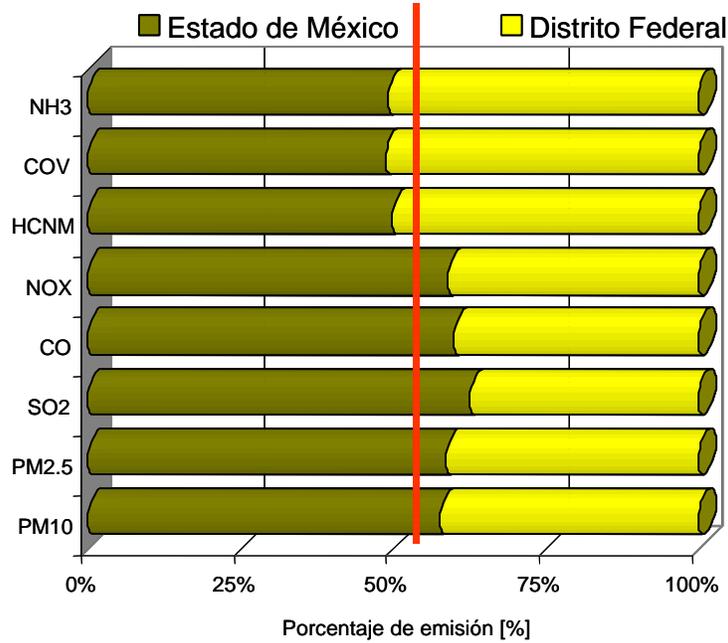


Referente a la contribución por subsector, la emisión de COV's es muy similar a la que presenta la emisión de COT, las actividades de mayor emisión de COT son las mismas para COV's; referente al metano, tenemos que son los rellenos sanitarios los que generan casi el 100%, por lo que respecta al NH₃, el 100% son emisiones domésticas.

4.2.5 Emisiones por entidad

Es importante mencionar que de la aportación por entidad, casi todas las emisiones por contaminante, son ligeramente mayores en una u otra entidad y se generan aproximadamente en igual proporción, ésto se ve reflejado en la siguiente gráfica, la cual no incluye las emisiones generadas por la operación de aeronaves y los rellenos sanitarios.

Gráfica 4.2.8 Emisiones porcentual por entidad y contaminante



En la gráfica anterior no se incluyeron las emisiones de rellenos sanitarios, debido a que casi el 100% son emisiones de metano y en el Estado de México se emiten casi el 90%, por la misma razón no se incluye a los COT, ya que la emisión de metano provoca que en el Estado de México, se emita casi el doble de COT que en el Distrito Federal; referente a la operación de aeronaves, en ésta subcategoría sólo se estimaron las emisiones del aeropuerto ubicado en el Distrito Federal, faltando de estimar las emisiones de la flota aérea del campo militar no. 37-D, Sta. Lucía, del municipio de Tecámac.

4.2.6 Emisiones por categoría

Debido a que la metodología para la estimación de emisiones de las fuentes de área, se agrupan por categorías, a continuación se desglosaran las emisiones para cada una de ellas.

Emisiones por combustión de fuentes estacionarias

La combustión de fuentes estacionarias se divide en las siguientes tres subcategorías:

- *Combustión industrial:* En ésta actividad se incluyen las emisiones de las industrias que no fueron reportadas individualmente por falta de información, por lo que se evaluaron sus emisiones por un consumo global de gas natural en forma conjunta.
- *Combustión Comercial/Institucional:* En ésta actividad se incluyen aquellos establecimientos que en general cuentan con: calderas pequeñas, hornos, calefactores, calentadores de agua, entre otros (p.e. hoteles, restaurantes, hospitales, tortillerías, baños públicos, tintorerías, entre otros), las emisiones de éstos establecimientos pueden ser inventariadas de manera independiente, pero por falta de información en este inventario se evaluaron sus emisiones en forma conjunta, sólo, se desagregaron las emisiones por tipo de combustible.
- *Combustión doméstica (Combustibles comerciales):* La categoría de combustión residencial o doméstica se refiere principalmente a la combustión de gas LP y gas natural, para la cocción de alimentos y calentamiento de agua.

Las emisiones generadas en la industria, son debido a la combustión de 1,577.81 millones de m³ de gas natural; en la actividad habitacional o residencial, por la combustión de casi 2 millones de m³ de gas LP y 68 millones de m³ de gas natural; y en el sector comercial institucional, por la combustión de 68.26 millones de m³ de gas LP, Tabla 4.2.4.

Tabla 4.2.4 Emisiones por la combustión en fuentes estacionarias, ZMVM

	Emisiones [ton/año]							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV
Combustión habitacional	114	114	1	568	3,565	142	51	90
Uso de gas LP	106	106	N/S	476	3,456	130	48	84
Uso de gas natural	8	8	1	92	109	12	3	6
Combustión comercial- institucional (gas LP)	37	37	N/S	165	1,198	45	17	29
Combustión industrial (gas natural)	192	192	15	2,121	2,524	275	58	139

Emisiones por fuentes móviles que no circulan por carretera

De ésta categoría se estimaron las emisiones de: locomotoras, aeronaves y terminales de autobuses, quedando pendiente la estimación de equipó móvil que no circula por carretera (incluye equipos recreativos, de construcción, industrial, de jardinería, agrícola, comercial ligero, de explotación forestal, y de servicios de aeropuertos).

- **Locomotoras**

El cálculo de las emisiones de las locomotoras de patio y foráneas, va en función del diesel que consumen, las primeras al mover los vagones dentro del patio de la estación y las foráneas por el recorrido que hacen dentro de la ZMVM.

Se estima que en la Zona Metropolitana del Valle de México la operación de locomotoras de patio consumió 30,673,987 litros de PEMEX diesel (Distrito Federal “11,045,160” y el Estado de México “19,628,827”); mientras las locomotoras foráneas consumían en la ZMVM 1,945,539 litros (322,258 en el Distrito Federal y 1,623,281 litros en el Estado de México). La Tabla 4.2.5 muestra las emisiones obtenidas por la quema de este combustible.

Tabla 4.2.5 Emisiones de las locomotoras foráneas y de patio por Entidad Federativa

Entidad federativa	Emisiones [ton/año]						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	16	15	8	85	672	28	28
Estado de México	29	27	14	159	1256	53	52
ZMVM	45	42	22	244	1,928	81	80

- **Aeronaves**

El nivel de contaminación generado por las aeronaves que realizan operaciones de vuelo y maniobras, dependerá de la cantidad de gas avión ó turbosina consumida dentro del área de influencia del inventario, que depende de la altura de la capa de mezclado de la Zona, Tabla 4.2.6.

Tabla 4.2.6 Emisión por operación de aeronaves

Emisiones [ton/año]								
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
15	14	N/S	2,366	1,344	1,530	147	1,469	N/E

N/S: No Significativo, N/E: No Estimado

Terminales de autobuses

Dentro de la clasificación de las fuentes móviles no carreteras están los vehículos de transporte turístico que se encuentran en las terminales de autobuses y camiones de pasajeros. En las centrales de autobuses del Distrito Federal, los autobuses permanecen formados durante largos períodos de tiempo esperando poder cargar o descargar pasajeros.

Tabla 4.2.7 Emisiones por central de autobuses

Central	Emisiones [ton/año]							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Norte	N/S	N/S	31	18	7	N/S	7	N/S
Oriente	N/S	N/S	22	12	5	N/S	5	N/S
Poniente	N/S	N/S	24	13	5	N/S	5	N/S
Sur	N/S	N/S	11	6	4	N/S	3	N/S
Total	N/S	N/S	88	49	21	N/S	20	N/S

N/S: No Significativo

Emisiones por uso de solventes

Muchas de las actividades que utilizan solventes pueden ser demasiado pequeñas o numerosas, para ser incluidas en el inventario de fuentes puntuales y deben ser incluidas en un inventario de fuentes de área. La categoría uso de solventes consiste de las siguientes actividades:

- *Recubrimiento de Superficies Industriales*, consiste en la aplicación en capas de recubrimiento; como pintura, barniz, laca o praimer a un objeto, con propósito decorativo y/o de protección, entre éstos objetos se encuentran los de mobiliario, latas, automóviles, aviones y otros equipos de transporte, maquinaria, aparatos domésticos, madera, alambre, entre otros productos. Los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en la medida en que éstos compuestos son utilizados y secan.
- *Pintura Automotriz* (pintado de carrocerías), engloba la reparación y restauración, en talleres pequeños de automóviles, camiones ligeros, principalmente. Las emisiones se generan durante la limpieza de superficies, resanado, pintado y pulido, debido al contenido de solventes del producto en uso.
- *Recubrimiento de superficies arquitectónicas*, este proceso implica la aplicación de recubrimiento (p.e. pintura, barniz, o laca, entre otros) a las superficies arquitectónicas.
- *Pintura en tránsito*, consiste en el pintado de carriles, banquetas, marcas de dirección o señalamientos viales, señales de estacionamiento y superficies pavimentadas y no pavimentadas para facilitar el flujo de tránsito vehicular.

- *Limpieza de superficies industriales*, es un proceso físico en el cual se utilizan solventes orgánicos (p.e. destilados de petróleo, hidrocarburos clorados, cetonas y alcoholes, entre otros), para remover las grasas, aceites, ceras, depósitos de carbón, óxidos y alquitranes de superficies tales como metales, plásticos, vidrios y otros.
- *Lavado en seco*, consiste en la limpieza de ropa mediante el uso de solventes orgánicos no acuosos (p.e. percloroetileno y gas nafta).
- *Artes gráficas*, en la impresión de periódicos, revistas, libros y en diferentes materiales de impresión, la composición de las tintas son variables, pero todas están constituidas de tres componentes principales: pigmentos, aglutinantes y solventes; la mayoría de los solventes utilizados son de uso común en la formulación de tintas, y en cantidades menores son utilizadas para la limpieza del equipo y/o un componente más en las soluciones fuente, para sumergir los sistemas en la impresión litográfica.
- *Uso comercial y doméstico de solventes*, El uso y consumo de solventes, se caracteriza por la presencia de hidrocarburos, en productos comerciales y de consumo, que sirven como propulsores, para el secado y como limpiadores en casa habitación, industria y servicios.

Tabla 4.2.8 Emisiones por el uso de solventes por entidad federativa [ton/año]

Actividad	Estado de México		Distrito Federal		ZMVM	
	COT	COV	COT	COV	COT	COV
Recubrimiento de superficies industriales	10,709	10,580	11,015	10,883	21,724	21,463
Pintura automotriz	1,171	1,157	1,205	1,190	2,376	2,347
Recubrimiento superficies arquitectónicas	11,378	9,899	11,703	10,182	23,081	20,081
Pintura en tránsito	335	331	344	340	679	671
Limpieza de superficies industriales	15,059	9,036	15,489	9,294	30,548	18,329
Lavado en seco	5,026	2,915	5,169	2,998	10,195	5,913
Artes gráficas	3,347	3,347	3,442	3,342	6,789	6,689
Uso de solventes	38,294	26,423	39,386	27,176	77,680	53,599

- **Aplicación de asfalto**

La mezcla asfáltica que se produce y utiliza en el Distrito Federal, es una mezcla del tipo densa de $\frac{3}{4}$ convencional, elaborada exclusivamente con el asfalto AC20 (mejor conocido como chapopote con un nivel de dureza 20) y triturado basáltico ambos en una proporción de 7 y 93% respectivamente mezclados en caliente⁶.

Las emisiones generadas en este subsector, son una función directa del contenido de solventes en el licuado asfáltico, y la cantidad de asfalto en la mezcla. En el año 2000, la planta de asfalto del Distrito Federal, distribuyó 831,550 toneladas de mezcla asfáltica.

⁶ Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal, 2002. Estadística Distribución de Mezcla Asfáltica en el D.F., 2000.

Tabla 4.2.9 Emisiones debido a la aplicación de asfalto por entidad federativa

Entidad	Emisión de COT=COV [ton/año]
Distrito Federal	188
Estado de México	183
ZMVM	371

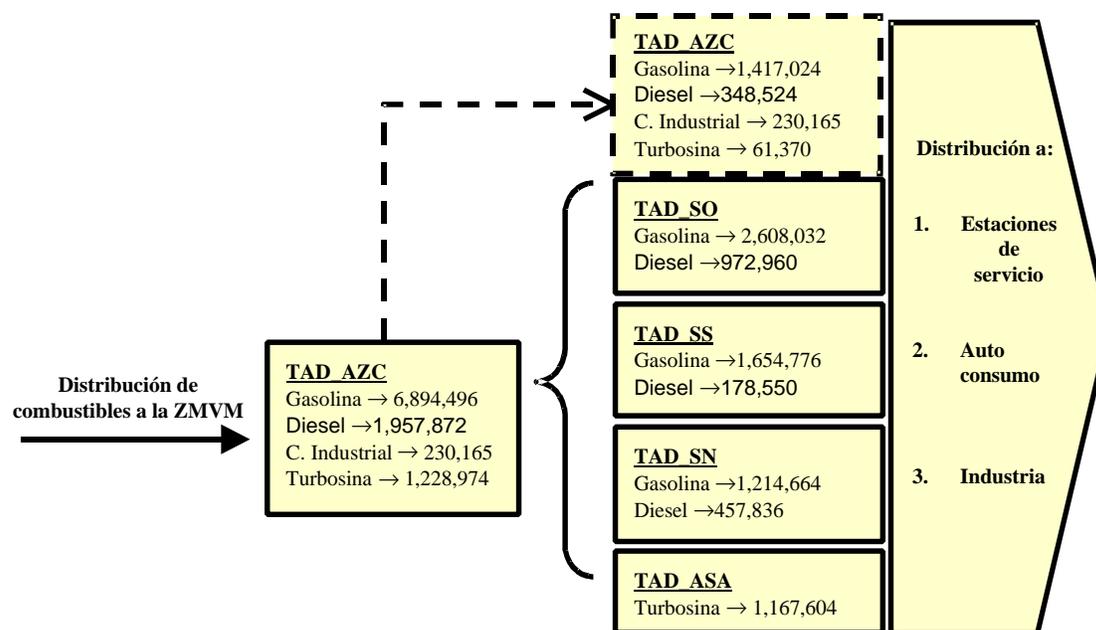
Emisiones por almacenamiento y transporte de derivados del petróleo

Ésta categoría incluye:

- Almacenamiento masivo de combustibles líquidos en terminales de almacenamiento y distribución.
 - Distribución de gasolina (incluye a las pipas de gasolina en tránsito, la descarga de pipas [etapa I], la respiración de los tanques subterráneos, la carga de los vehículos [etapa II] y derrames durante la carga.
 - Recarga de combustibles en aeronaves.
 - Distribución y almacenamiento de gas LP.
-
- Almacenamiento masivo de combustible líquidos en terminales de almacenamiento y distribución.

La operación principal de las terminales de almacenamiento, es la distribución por tuberías a otras terminales y de ellas por carro tanque a la estación de servicio. Las emisiones de los tanques de almacenamiento especialmente, son la suma de las pérdidas en reposo y de trabajo; las primeras ocurren como consecuencia de los cambios de temperatura, que conduce al venteo del vapor del tanque a la atmósfera; las pérdidas de trabajo resultan de los cambios en el nivel del líquido del tanque, principalmente por las operaciones de llenado y vaciado.

Figura 4.2.1 Tren de distribución y almacenamiento de combustibles [m³/año] en la ZMVM



Fuente: Datos Pemex Refinación/ Gerencia Comercial Zona Valle de México/ Subgerencia de Operación y Mantenimiento

Tabla 4.2.10 Emisiones por almacenamiento masivo y distribución de combustible por entidad

Entidad	Terminal de Almacenamiento y Distribución	Emisión de COT = COV [ton/año]
Distrito Federal		71
Miguel Hidalgo	Azcapotzalco	33
Iztacalco	Satélite Oriente	23
Álvaro Obregón	Satélite Sur	14
Venustiano Carranza	Aeropuerto y Servicios Auxiliares	1
Estado de México		9
Tlalnepantla	Satélite Norte	9
Zona Metropolitana del Valle de México		80

- **Distribución y venta de gasolina**

Las emisiones atmosféricas por la evaporación de hidrocarburos, que se emiten en las estaciones de servicio, son producidas en su mayoría por la gasolina; el diesel por tener presiones de vapor muy bajas, no se evapora tan fácilmente, por lo que se omiten las emisiones para este tipo de combustible. Las emisiones inician por las *perdidas en tránsito*, incluyen el recorrido del autotank a partir de la estación de almacenamiento y distribución, hasta la estación de servicio (con carga y sin carga); el segundo punto emisor

se da en la estación de servicio, durante el llenado de tanques subterráneos de almacenamiento de combustible con traspaso de vapores, conocida como pérdidas por *descarga de pipas a estaciones de servicio*. Otro punto emisor, se da por la *respiración del tanque subterráneo*, sus emisiones ocurren diariamente y son atribuibles a cambios en la presión barométrica.

En el llenado de tanques de los automóviles se producen emisiones por el desplazamiento de vapores por la *recarga de gasolina en automóviles*, donde la cantidad de vapores desplazados depende de la temperatura de la gasolina, la temperatura del tanque del automóvil, la presión de vapor Reid⁷ de la gasolina, y la tasa de llenado del tanque; y por *derrames de combustibles por recarga*, éstas dependen de varios factores incluyendo el tipo de descarga en la estación de servicio, la configuración del tanque del vehículo y la técnica del operador.

Tabla 4.2.11 Emisiones por distribución y venta de gasolina, ZMVM

Etapas de la distribución y venta de gasolina	Emisión de COT = COV [ton/año]
Pipas en tránsito	44
Llenado de tanques subterráneos	361
Respiración de tanques subterráneos	41
Carga de combustibles en vehículos	372
Derrames	28
Total	846

- **Recarga de aeronaves**

Las emisiones de este subsector ocurren por desplazamiento de los vapores del combustible, cuando se recarga el tanque de una aeronave, la cantidad de vapores desplazados depende de la temperatura y presión de vapor del combustible, la temperatura del tanque y la tasa de recarga del combustible. Se estima que las emisiones de COV constituyen el 100% de los COT, dado que se supone que las fracciones de metano y etano son despreciables

Tabla 4.2.12 Emisiones por la recarga de aeronaves

Tipo de combustible	Emisión de COT = COV [ton/año]
Turbosina	5
Gas avión	1
Total	6

⁷ Presión de vapor Reid: presión absoluta a 37.8 °C en kilopascales. Difiere de la presión de vapor verdadera de la muestra, debido a pequeñas evaporaciones de la muestra y a la presencia de vapor de agua y aire en los espacios confinados. Se determina con el Método ASTM D323-94.

- Distribución y almacenamiento de gas LP

En las terminales de almacenamiento masivo de gas LP, se realizan procesos de trasvasado del hidrocarburo al tanque de almacenamiento masivo o dispensario, la descarga de semirremolques, la recarga de autotanques y el llenado de recipientes portátiles; La distribución del producto consiste en la descarga de autotanques en estaciones de servicio, tanques estacionarios y la distribución y venta de recipientes portátiles.

Tabla 4.2.13 Emisiones por almacenamiento y distribución de gas LP, ZMVM

Etapas del almacenamiento y distribución de gas LP	Emisiones [ton/año]		
	COT	CH ₄	COV
Distribución de gas LP	8,505	1	8,368
Descarga de carrotanque en estaciones de servicio	544	N/S	536
Descarga a tanques estacionarios	476	N/S	468
Distribución y venta de recipientes portátil	7,485	1	7,364
Terminales de almacenamiento masivo de gas LP	1,501	N/S	1,516
Almacenamiento	220	N/S	222
Descarga de semirremolques	280	N/S	283
Recarga de autotanques	468	N/S	472
Llenado de recipientes portátiles	533	N/S	539
Total	10,006	1	9,884

N/S: No Significativo

- Fugas de gas LP en uso doméstico

En la ZMVM, existen más de 4 millones de estufas y por lo menos 2.5 millones de calentadores, que deben estar conectados mediante accesorios a tanques que almacenan gas LP, que generalmente no están herméticamente sellados, por lo que existen fugas considerables del combustible en uso, Tabla 4.2.14.

Tabla 4.2.14 Emisiones por fugas de gas LP en uso doméstico, ZMVM

Puntos de fugas de gas LP	Emisiones [ton/año]		
	COT	CH ₄	COV
Fugas en instalaciones domésticas	18,864	2	18,563
Tanque portátil	96	N/S	95
Conexiones	6,567	1	6,463
Picteles	6,250	1	6,150
Válvulas de paso	76	N/S	75
Reguladores	3,459	N/S	3,404
Tanque estacionario	793	N/S	780
Válvulas de paso en	19	N/S	19
Reguladores	824	N/S	810
Estufas	476	N/S	468
Calentadores	304	N/S	298
Apagado y encendido de pilotos	3,900	N/S	3,838
Pilotos apagados en estufas	3,197	N/S	3,146
Pilotos apagados en calentadores	N/S	N/S	N/S
Encendido de pilotos en estufas	702	N/S	691
Encendidos de pilotos en calentadores	N/S	N/S	N/S
Total	22,763	2	22,400

- Hidrocarburos no quemados en la combustión de gas LP residencial

El proceso de combustión que se realiza en las estufas y calentadores, es incompleto, por lo que también se liberan grandes cantidades de gas LP sin quemar a la atmósfera de la ZMVM, Tabla 4.2.15.

Tabla 4.2.15 Emisiones de HCNQ en la combustión de gas LP doméstico, ZMVM

Equipos de combustión de gas LP	Emisiones [ton/año]		
	COT	CH ₄	COV
Estufas	21,292	2	20,951
Calentadores	5,849	1	5,755
Total	27,141	3	26,706

Emisiones por fuentes industriales ligeras y comerciales

De ésta categoría, sólo se inventariaron las panaderías, faltando de estimar ladrilleras, actividades de construcción, taquerías y vendedores ambulantes.

- Panaderías

La emisión de hidrocarburos calculados en ésta actividad es principalmente etanol, generado durante el proceso de fermentación de la levadura y el horneado de la misma para la elaboración de pan, pasteles y otros artículos horneados. Las emisiones provenientes de este proceso biológico, dependen de un gran número de variables como la cantidad de azúcares fermentables en la masa, el tiempo y temperatura de horneado entre los principales.

Tabla 4.2.16 Emisiones en panaderías por entidad federativa

Entidad federativa	Emisión de COT = COV [ton/año]
Distrito Federal	2,271
Estado de México	2,208
ZMVM	4,479

Emisiones por manejo de residuos

- Rellenos sanitarios

De los residuos generados en la ZMVM, sólo el 10% es recuperado y aproximadamente el 90% es ubicado en sitios de disposición final. Comúnmente el relleno sanitario es un método que se usa para la eliminación de residuos sólidos municipales, debido a la actividad microbiana se genera CH₄ y otros gases, como producto de la descomposición anaerobia de la basura.

Tabla 4.2.17 Volumen de disposición de residuos sólidos Municipales en Rellenos sanitarios de la ZMVM, 2000

Sitio de Disposición	Año de Apertura	Año de Clausura	Cantidad Dispuesta [ton/año]
Bordo Poniente Etapa I	1985	1992	3,799,716
Bordo Poniente Etapa II	1988	1993	3,177,366
Bordo Poniente Etapa III	1991	1992	6,601,143
Bordo Poniente Etapa IV	1993	En uso	10,558,205
Santa Catarina	1982	En uso	15,006,750
Prados de la Montaña	1987	1994	5,353,270

Fuente: Dirección Técnica de Desechos Sólidos, 1999.

Tabla 4.2.18 Emisiones en rellenos sanitarios por entidad federativa

Ubicación	Sitio de Disposición	Emisiones [ton/año]	
		COT	CH ₄
Estado de México		155,197	148,800
Nezahualcóyotl	Bordo Poniente Etapa I	13,027	12,490
	Bordo Poniente Etapa II	12,005	11,510
	Bordo Poniente Etapa III	26,826	25,720
	Bordo Poniente Etapa IV	45,067	43,210
La Paz	Santa Catarina	58,272	55,870
Distrito Federal		20,276	19,440
Álvaro Obregón	Prados de la Montaña	20,276	19,440
ZMVM		175,472	168,240

- **Tratamiento de aguas residuales**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales, reciben aguas negras domésticas, comerciales, institucionales, industriales y de escurrimientos pluviales, para ser tratadas. Del volumen de agua a tratar y del grado de contaminación de este, dependerá la cantidad de emisiones de COT que se generen.

Tabla 4.2.19 Emisiones del tratamiento de aguas residuales por entidad federativa

Entidad	Volumen de agua tratada [m ³ /año]	Emisiones [ton/año]	
		COT	COV
Distrito Federal	86,235,192	1,121	1,031
Estado de México	75,686,400	986	907
ZMVM	161,921,592	2,107	1,938

Fuentes de área misceláneas.

En ésta categoría se consideraron los incendios forestales y las emisiones domésticas de amoniaco

- **Incendios Forestales**

Se considera incendio forestal, a todo aquel evento causado por el fuego en áreas cubiertas de vegetación y que se propague en forma no controlada, afectando un mínimo de 1,000 m² (0.1 ha) de cualquier tipo de vegetación; cuando el daño es menor se le cataloga como incendio incipiente o conato de incendio.

Los incendios forestales ocurren de manera natural, sin embargo de acuerdo con la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADER), la mayoría de los incendios forestales que se presentaron en la Zona Metropolitana del Valle de México, son de origen antropogénico, debido principalmente a las negligencias de los productores agrícolas durante la limpieza y preparación de sus terrenos, así como de las conductas inadecuadas de los visitantes a áreas boscosas al no extinguir correctamente sus fogatas,

otras veces por vandalismo o simplemente por el arrojar cigarrillos, colillas o cerillos prendidos⁸:

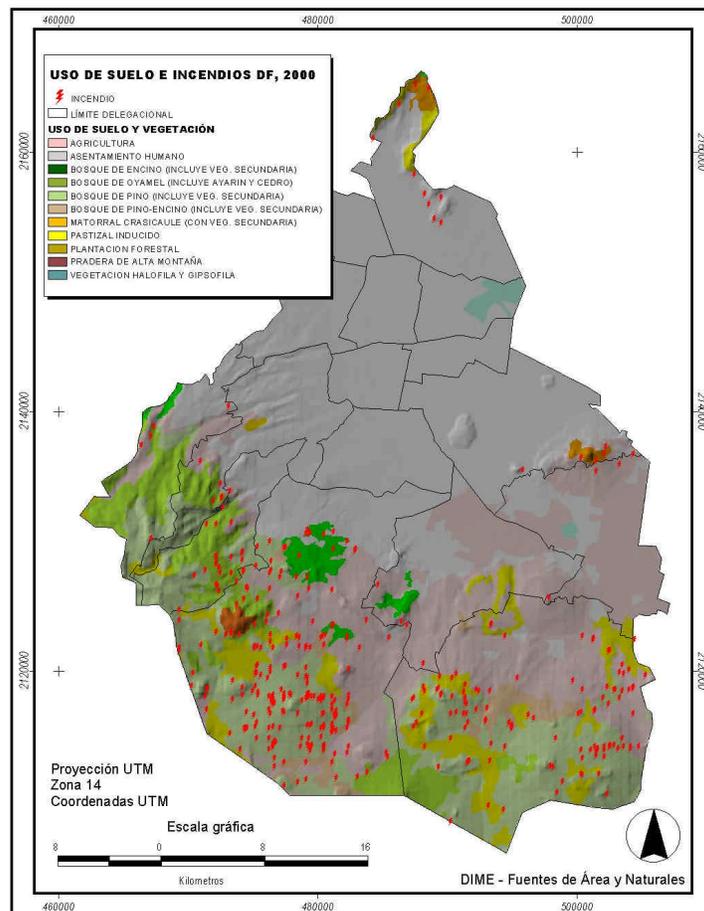
En el año 2000, alrededor del 70% de los incendios forestales se presentaron durante la temporada seca (marzo y abril) y la vegetación consumida fué principalmente pasto y hojarasca, aún cuando el incendio se presentó en zona boscosa.

Tabla 4.2.20 Incendios y superficie siniestrada en la ZMVM

Entidad	Número de incendios	Superficie afectada [ha]
Distrito Federal	579	1,356
Estado de México	258	796
ZMVM	837	2,152

Así mismo, el siguiente mapa señala la distribución de los incendios forestales en el Distrito Federal y debido a que no se contó con información de la ubicación geográfica para la localización de los incendios forestales en los municipios conurbados, no se presentan en dicho gráfico.

Figura 4.2.2 Distribución de incendios forestales en el Distrito Federal



⁸CORENA, 2001. Programa Integral de Prevención y Combate a Incendios Forestales del Distrito Federal 2000-2001

Las especies forestales más dañadas por los incendios, fueron: pino, encino y oyamel; y en menor grado pastos de las zonas boscosas y pastizales del área agrícola.

El 30% de los incendios y el 35% de la vegetación afectada se presenta en la delegación de Tlalpan, le sigue en orden de importancia Milpa Alta con 21 y 22 % respectivamente, en lo que se refiere al Estado de México, se tiene que Nicolás Romero, Ixtapaluca y Naucalpan son los municipios más afectados y representan el 21% en vegetación afectada de la ZMVM.

Las emisiones contaminantes generadas por todos los incendios registrados en la ZMVM durante el año 2000, se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 4.2.21 Emisiones por incendios en la ZMVM

Entidad	Emisiones [ton/año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Distrito Federal	54	46	5	486	16	33	23	15	3
Estado de México	18	16	2	179	5	11	9	5	N/S
ZMVM	72	62	7	665	21	44	32	20	3

N/S: No Significativo.
COT = GOT

Distrito Federal

Las emisiones generadas por los incendios y conatos forestales por delegación, se muestran en la Tabla 4.2.22.

Tabla 4.2.22 Emisiones por incendios en el Distrito Federal

Delegación	Emisiones [ton/año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Cuajimalpa de Morelos	1	1	N/S	10	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Gustavo A. Madero	1	1	N/S	7	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Iztapalapa	N/S	N/S	N/S	2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
La Magdalena Contreras	1	1	N/S	7	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Milpa Alta	20	17	2	178	6	13	9	6	1
Tláhuac	N/S	N/S	N/S	3	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Tlalpan	31	26	3	278	10	20	14	9	2
Xochimilco	N/S	N/S	N/S	1	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Total	54	46	5	486	16	33	23	15	3

N/S No significativo
COT = GOT

El contaminante de mayor emisión es monóxido de carbono con 486 ton/año, lo cual representa más del 80% de las emisiones totales (no se toma en cuenta el CO₂ debido a que no es un contaminante considerado criterio), siguiendo en orden de importancia tenemos a las PM₁₀ con 54 ton/año, de las cuales 46 toneladas son PM_{2.5}.

Estado de México

Las emisiones generadas por los incendios y conatos forestales por municipio, se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 4.2.23 Emisiones por incendios en el Estado de México

Municipio	Emisiones [ton/año]								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Atizapán de Zaragoza	N/S	N/S	N/S	3	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Coacalco	1	1	N/S	10	N/S	1	1	N/S	N/S
Chalco	1	1	N/S	13	1	1	1	1	N/S
Ecatepec	1	1	N/S	9	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Huixquilucan	N/S	N/S	N/S	2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Ixtapaluca	6	5	1	57	2	4	3	2	N/S
Los Reyes La Paz	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Naucalpan	1	1	N/S	11	N/S	1	1	N/S	N/S
Nicolás Romero	7	6	1	59	2	4	3	2	N/S
Tecámac	N/S	N/S	N/S	2	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Tlalnepantla	1	1	N/S	10	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Tultitlán	N/S	N/S	N/S	3	N/S	N/S	N/S	N/S	N/S
Total	18	16	2	179	5	11	9	5	N/S

N/S No significativo
COT = GOT

Como se observa en la tabla anterior, el contaminante de mayor emisión es monóxido de carbono con 179 ton/año, lo cual representa más del 70% de las emisiones totales, siguiéndole en orden de importancia las PM₁₀ con 18 ton/año, cabe resaltar que de éstas 16 toneladas son PM_{2.5}.

- **Emisiones domésticas de amoníaco**

El amoníaco es parte del ciclo del nitrógeno y es uno de los principales contribuyentes de la formación de aerosoles en la atmósfera (Wark y Warner, 1994), este contaminante reacciona rápidamente con el ácido sulfúrico y el ácido nítrico para formar finas partículas. Los animales domésticos son una fuente importante de emisiones de amoníaco (NH₃), éstas emisiones resultan de la conversión del nitrógeno excretado en amoníaco⁹. Sólo el 10% del nitrógeno de los alimentos es asimilado por los tejidos del organismo, el resto es desechado en las excretas (~30%) y la orina (~60%), en general, el nitrógeno contenido en la orina, se convierte fácilmente en amoníaco, en cambio, las emisiones de amoníaco de las excretas, requiere de cierto grado de descomposición (NOAA, 2000)¹⁰.

El presente inventario, incluye algunas fuentes de emisión doméstica, tales como los desechos de mascotas (perros y gatos), transpiración, respiración y desechos humanos, uso doméstico de amoníaco y cigarrillos, así como, la emisión de amoníaco liberado por

9 Programa de Inventario de Emisiones para México. Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuente de Área.

10 National Oceanic and Atmospheric Administration-Aeronomy Laboratory.

las alcantarillas. A escala individual, las emisiones de estas fuentes son relativamente pequeñas, sin embargo, en conjunto y tomando en cuenta la gran población de la Zona Metropolitana del Valle México, las emisiones de amoniaco pueden llegar a ser considerables.

Las Emisiones de amoniaco generadas por fuentes domésticas en la Zona Metropolitana del Valle de México, hacen un total de 12,966 ton/año, destacándose las emisiones de los perros y las generadas por la transpiración humana, Tabla 4.2.24.

Tabla 4.2.24 Emisiones domésticas de amoniaco en la ZMVM

Tipo de fuente	Emisión de NH ₃ [ton/año]
Perros	5,156
Gatos	1,153
Transpiración humana	4,240
Respiración humana	27
Desechos humanos (otros)	389
Uso doméstico de amoniaco	389
Pañales (desechables)	199
Cigarrillos	49
Alcantarillas	1,364
Total	12,966

4.3 FUENTES MÓVILES

Se consideran como fuentes móviles carreteras, todas aquellas unidades motrices que sirven como medio de transporte y se impulsan mediante un proceso de combustión, donde la energía química del combustible se transforma en energía mecánica y se caracterizan por ir de un lugar a otro y por lo tanto contaminan a lo largo de su recorrido. Durante dicho proceso se generan diversos contaminantes, de los cuales en el presente inventario se evaluaron: PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, CO, NO_x, COT, CH₄, COV y NH₃.

4.3.1 Metodología

Para estimar la emisión de las fuentes móviles carreteras se utilizó la metodología establecida en el manual VI del Programa de Inventarios de Emisiones para México, realizado por la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca en 1997. Esta metodología recomienda la utilización de factores de emisión, multiplicado por los datos de actividad, en el caso de las fuentes móviles son los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV). Los factores de emisión de CO, HC y NO_x que se utilizaron para la estimación, se obtuvieron de dos fuentes: para los vehículos a gasolina (autos particulares, taxis, combis, microbuses, pick up's y vehículos menores a 3 toneladas) los factores fueron proporcionados por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y para el resto de las categorías se aplicó el modelo Mobile 5-México, el cual fue desarrollado por la US EPA y modificado para aplicarse en diversas ciudades de México.

Cabe mencionar que en el caso de la estimación de las emisiones de PM₁₀, se utilizaron los factores de emisión reportados en el estudio *Measurement of exhaust particulate matter emissions from in-use light duty motor vehicle*, realizado por la universidad de Denver en 1998 y la parte correspondiente a las PM_{2.5} se calculó con las fracciones de tamaño de partícula reportados por el Comité de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en ingles), como parte de su programa de desarrollo de inventarios de emisiones; para la estimación de las emisiones de SO₂, se utilizó un balance de material a partir del consumo de combustibles y para la emisión de NH₃ se utilizaron los factores de emisión presentados por el Comité de Recursos del Aire de California, en el taller denominado *Workshop of ammonia emissions inventory development*, realizado en julio de 1998 y los desarrollados en el estudio *Investigation of emission rates of ammonia and other toxic and low level compounds*, realizado por el Centro para la investigación ambiental y tecnológica de la Universidad de California, en septiembre del 2001.

La flota vehicular considerada en el presente inventario se obtuvo, a partir de tres fuentes: la base de datos del primer semestre del año 2001 del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio (PVVO) tanto del Distrito Federal como del Estado de México, la Secretaría de Transportes y Vialidad (SETRAVI), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes Federal (SCT) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado de México.

Los KRV que recorre cada tipo de vehículo se calcularon basándose en una estimación de los kilómetros recorridos por día y el número de días que circulan al año reportada en el *Estudio integral de transporte y calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*, realizado por la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad (COMETRAVI) en 1997, el *Anuario de transporte y vialidad de la ciudad de México 2000* de la SETRAVI y para los autos particulares, la actividad se obtuvo a partir de las lecturas del odómetro reportadas en la base de datos del PVVO, correspondiente al primer semestre del 2001 en el Distrito Federal, a partir de este análisis se pudo puntualizar la actividad de los autos particulares de acuerdo con el tipo de holograma que otorga dicho programa, relacionándola con el año modelo de los vehículos.

4.3.2 Flota vehicular

La flota vehicular que se utilizó para evaluar las emisiones del inventario en el año 2000, se estimó en poco más de 3 millones 165 mil vehículos de los cuales cerca de 2 millones 304 mil (73%) corresponden a unidades registradas en el Distrito Federal y 861 mil 63 (17%) a unidades registradas en el Estado de México.

Tabla 4.3.1 Distribución de la flota vehicular circulante en la ZMVM.

Tipo de Vehículo	Vehículos		
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
Autos particulares ^{1, 8}	1,649,371	657,951	2,307,322
Taxis ^{6, 8}	103,694	11,992	115,686
Combis ^{1,9}	2,661	15,581	18,242
Microbuses ^{1, 8}	17,981	11,320	29,301
Pick ups ^{1,8}	64,648	77,539	142,187
Vehículos ≤ 3 ton ^{1, 2, 8}	280,181	32,590	312,771
Tractocamiones ^{5,8}	49,077	13,830	62,907
Autobuses ^{2, 5, 7, 8}	21,866	3,553	25,419
Vehículos >3 ton ^{1, 8}	20,086	21,057	41,143
Motocicletas ^{3,9}	78,347	10,019	88,366
Camiones de carga a gas LP ^{4,8}	15,236	5,605	20,841
Vehículos a GNC ^{4,8}	999	26	1,025
Totales	2,304,147	861,063	3,165,210

1 Consultas a la base datos correspondiente al 1° semestre del PVVO del 2001 en el Distrito Federal.

2 Anuario de transporte y vialidad de la ciudad de México 2000, SETRAVI, 2000.

3 Dirección de registro público de transporte, SETRAVI, 2001.

4 Dirección de instrumentación de políticas, SMA, 2000.

5 Estadística básica del auto transporte federal de pasaje, turismo y carga federal SCT.

6 Instituto del Taxi, SETRAVI, 2001.

7 Conformación del Parque Vehicular Operable, Dirección de Operación, Gerencia de Mantenimiento, RTP. mayo 2001.

8 Consultas a la base datos correspondiente al 1° semestre del PVVO del 2001 en el Estado de México.

9 Dirección General de Transporte Terrestre, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Gobierno del Estado de México, 2001.

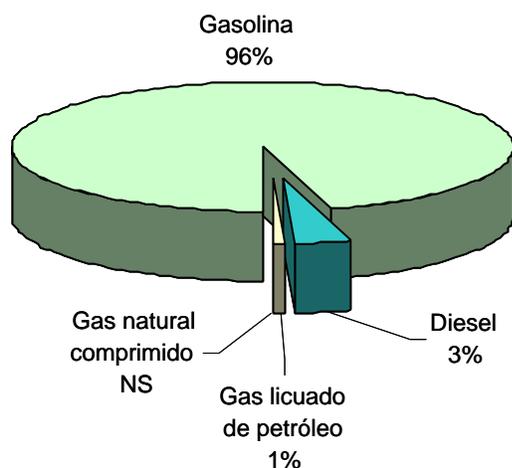
Distribución por tipo de combustible

Al desglosar la flota vehicular por el tipo de combustible que utilizan las unidades que circulan tanto en las 16 delegaciones del Distrito Federal, como en los 18 municipios del estado de México considerados dentro de la zona de estudio, tenemos que el 96% corresponden a vehículos que utilizan gasolina como combustible, 3% son unidades a diesel, 1% son unidades a gas licuado de petróleo (GLP), y existe un número de unidades no significativa que utilizan gas natural comprimido (GNC), como se muestra en la Tabla 4.3.2 y Gráfica 4.3.1.

Tabla 4.3.2 Flota vehicular circulante en la ZMVM por tipo de combustible en el año 2000.

Tipo de Vehículo	Vehículos				
	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total
Autos particulares	2,305,474	266	1,582	-	2,307,322
Taxis	115,684	-	2	-	115,686
Combis	18,242	-	-	-	18,242
Microbuses	27,079	617	1,306	299	29,301
Pick ups	140,747	548	892	-	142,187
Vehículos \geq 3 ton	298,581	14,190	-	-	312,771
Tractocamiones	180	62,700	27	-	62,907
Autobuses	150	25,239	30	-	25,419
Vehículos >3 ton	34,287	6,856	-	-	41,143
Motocicletas	88,366	-	-	-	88,366
Camiones de carga a gas LP	-	-	20,841	-	20,841
Vehículos a GNC	-	-	-	1,025	1,025
Totales	3,028,790	110,416	24,680	1,324	3,165,210

Gráfica 4.3.1 Distribución porcentual de la flota vehicular de la ZMVM por el tipo de combustible.



NS: No Significativo

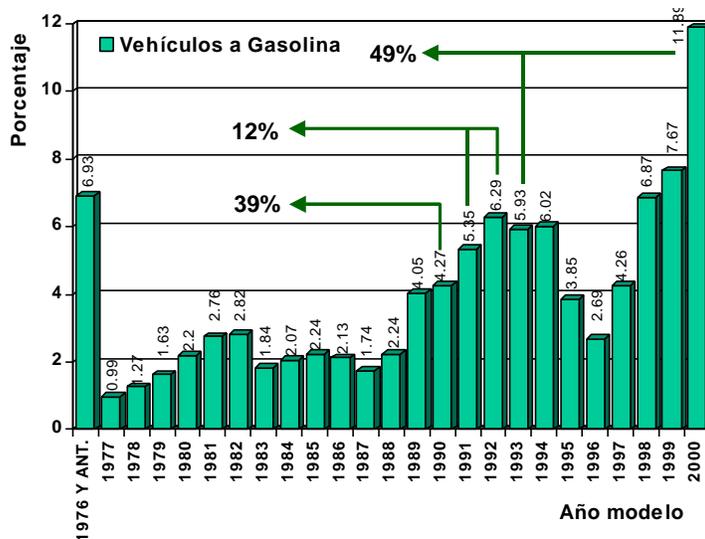
Tabla 4.3.3 Consumo energético de combustibles de la flota vehicular de la ZMVM, 2000.

Tipo de Combustible	Consumo energético	
	[PJ/año]	[%]
PEMEX Magna	201.1	70.0
PEMEX Premium	21.2	7.4
PEMEX Diesel	58.4	20.3
Gas Natural Comprimido (GNC)	6.3	2.2
Gas Licuado a Presión (GLP)	0.2	0.1

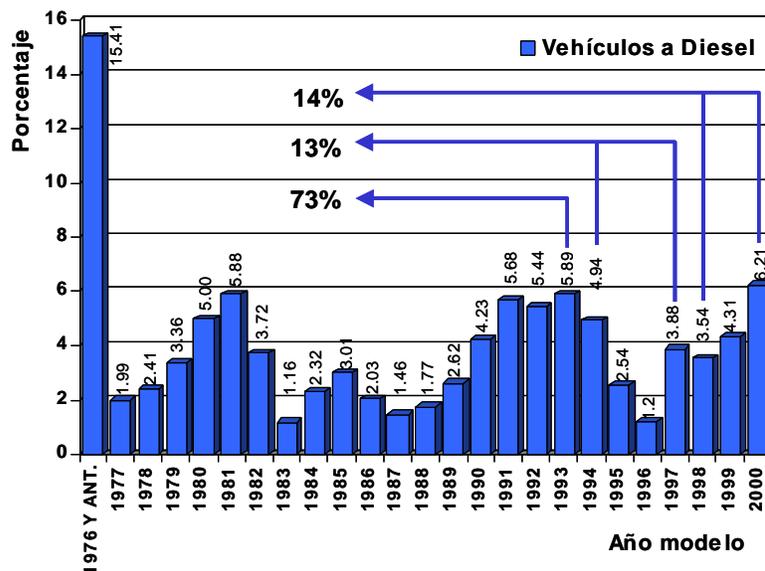
Edad del parque vehicular

En el cálculo de las emisiones es de gran importancia considerar el año modelo de los vehículos, ya que esto nos permite conocer mejor el volumen de emisiones generado por estrato vehicular y con ello proponer acciones para reducir las emisiones en forma específica; a continuación se tienen las distribuciones de acuerdo con el año modelo para los vehículos que utilizan gasolina, de donde podemos observar que alrededor del 39% son modelos 90 y anteriores, 12% corresponden a modelos 1991-1992 y 49% corresponden a modelos 1993 y posteriores los cuales ya cuentan con convertidores catalíticos de tres vías; por lo que respecta a las unidades que utilizan diesel como combustible haciendo una separación por estratos tecnológicos tenemos que el 73% de las unidades corresponden a modelos anteriores a 1993, 13% a modelos 1994 a 1997 que cuentan con la tecnología EPA 94 y 14% son vehículos 1998 y posteriores los cuales cuentan con tecnología EPA 98. En la Gráfica 4.3.2 y la Gráfica 4.3.3 se muestran la distribución porcentual de los vehículos por año modelo para gasolina y diesel respectivamente.

Gráfica 4.3.2 Porcentaje de vehículos a gasolina por año modelo.



Gráfica 4.3.3 Porcentaje de vehículos a diesel por año modelo.



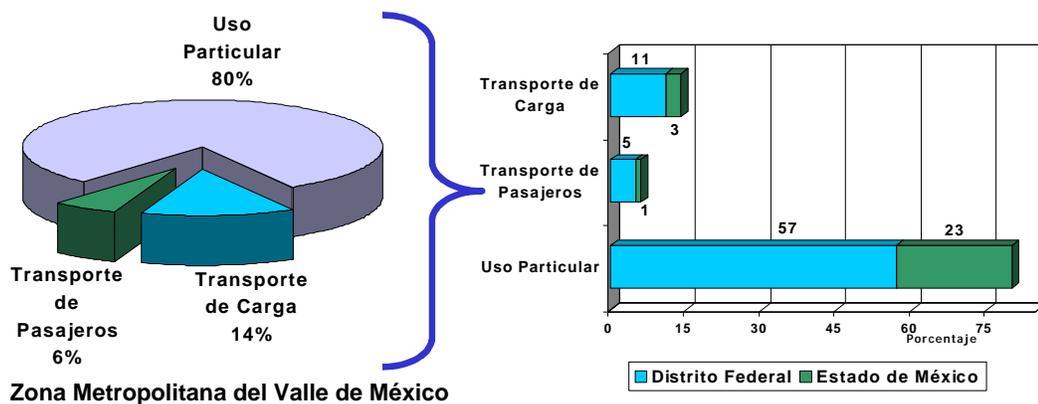
Uso de los vehículos

Para conocer el tipo de deterioro a que se somete cada una de las unidades es importante hacer una subdivisión por el uso que se le da a las unidades, para ello se agruparon los tipos de vehículos en tres usos, correspondiendo el 80% a vehículos de uso particular, 14% para transporte de carga y 6% para unidades al transporte de pasajeros la distribución se muestra en la Tabla 4.3.4 y la Gráfica 4.3.4.

Tabla 4.3.4 Tipos de vehículos de acuerdo con el uso.

Uso	Tipo de vehículo
Uso Particular	Autos particulares
	Pick ups
	Motocicletas
	Vehículos a GNC
Transporte de Pasajeros	Taxis
	Combis
	Microbuses
	Autobuses
Transporte de Carga	Vehículos ≤ 3 ton
	Tractocamiones
	Vehículos >3 ton
	Camiones de carga a gas L.P.

Gráfica 4.3.4 Distribución de la flota vehicular de la ZMVM de acuerdo al uso del vehículo.



4.3.3 Actividad Vehicular

La actividad de los vehículos en el inventario de emisiones esta representada por los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV), los cuales son el producto del número de vehículos y los kilómetros que recorren al día; este último varia dependiendo del uso que se le de al vehículo.

Primero, como se resume en la Tabla 4.3.5, a partir de la base de datos del PVVO se obtuvo el número de kilómetros recorridos por los autos particulares, basándose en las lecturas del odómetro, para lo cual, la base de datos se separó por el tipo de holograma que se proporciona a las unidades, dependiendo del año modelo y su nivel de emisiones, teniendo así diferentes niveles de actividad de acuerdo con el tipo de holograma y por consiguiente, por año modelo.

Tabla 4.3.5 Datos de actividad aplicados a los autos particulares que circulan en la ZMVM.

Autos particulares	Tipo de holograma	Km / día	Días / año
	Doble cero	36	365
	Cero	36	365
	Uno	24	313
	Dos	25	313

Fuente: Programa de verificación Vehicular Obligatorio primer semestre 2001.

Para los otros tipos de vehículos se aplicaron los datos de actividad reportados por la COMETRAVI, el PVVO y en diversos estudios realizados por la Secretaría de Transporte y Vialidad en la ZMVM, con lo cual se obtiene la clasificación de la Tabla 4.3.6. y la Tabla 4.3.7.

Tabla 4.3.6 Actividad representativa de la flota Vehicular de la ZMVM de acuerdo con el tipo de holograma.

Clasificación final	Tipo de vehículo	Km / día	Días / año			
			Doble cero	Cero	Uno	Dos
Autos particulares	Autos particulares de uso intensivo	100	365	365	313	313
Pick up´s	Pick up´s	60	N/A	365	313	313
	Pick up´s de uso intensivo	100	N/A	365	313	313
Microbuses	Microbuses	200	N/A	365	313	313
Tractocamiones	Tractocamiones	60	N/A	365	313	313
Vehículos ≤ 3 ton	Camiones	60	N/A	365	313	313
	Vehículos ≤ 3 ton	33	N/A	365	313	313
	Vehículos ≤ 3 ton de uso intensivo	60	N/A	365	313	313
Vehículos > 3 ton	Vehículos > 3 ton	60	N/A	365	313	313
Combis	Combis de transporte de pasajeros	200	N/A	N/A	N/A	313

Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI , 1997.

Programa de Verificación Vehicular Obligatorio.

Tabla 4.3.7 Actividad representativa de la flota vehicular que cuentan con un solo tipo de holograma.

Clasificación final	Tipo de vehículo	Km/día	Días / año
Taxis	Taxis	200	365
Vehículos ≤ 3 ton	Camiones	60	313
Tractocamiones	Auto transporte federal de carga	60	365
Autobuses	Autobuses Red de Transporte de Pasajeros	191	313
	Autobuses concesionados	191	313
	Autobuses Sistema de Transportes Eléctricos	245	313
	Autobuses para discapacitados	165	365
	Auto transporte federal de turismo	60	365
	Auto transporte federal de pasaje	48	365
Motocicletas	Motocicletas	33	313
Camiones de carga a gas L.P.	Camiones de carga a gas L.P.	60	365
Vehículos GNC	Vehículos ligeros a GNC	33	365
	Vehículos pesados a GNC	60	365

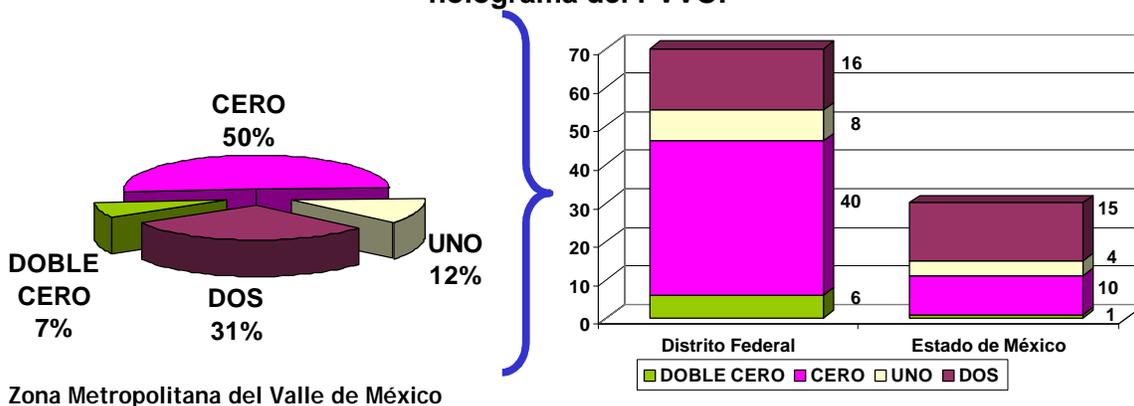
Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.

Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006.

Estadística básica de SCT, servicios auxiliares del auto transporte, 2000.

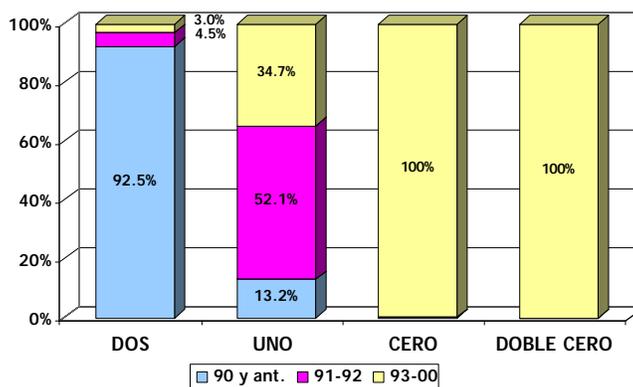
En conjunto, las dos Gráficas siguientes representan la distribución de los KRV empleados para los autos particulares, desagregados de acuerdo con el tipo de holograma otorgado por el PVVO; este comportamiento concuerda con lo descrito en la literatura, en donde se espera que los vehículos nuevos se utilicen mas que los viejos¹⁰. Si consideramos los vehículos con holograma *doble cero* y *cero*, los cuales contribuyen con 57% del total de los KRV de este tipo de vehículos (ver Gráfica 4.3.5), son exclusivamente vehículos de años modelo 1993 y posteriores; mientras que los vehículos con holograma *uno* y *dos* contribuyen con el 12% y 31% de los kilómetros recorridos por los autos particulares, están conformados por poco más de 65% y el 97%, respectivamente, de vehículos que tienen 8 o mas años en circulación (años modelo 1992 y anteriores), como puede verse en la Gráfica 4.3.6.

Gráfica 4.3.5 Distribución de los KRV de los autos particulares de acuerdo con el tipo de holograma del PVVO.



¹⁰ Evaluation of the 1998 emission inventory for the metropolitan zone of the valley of Mexico, Western Governors' Association Denver, Colorado. 2002.
Design and Measurements of the International Vehicle Emissions Modeling, University of California. 2003.

Gráfica 4.3.6 Distribución de los autos particulares de acuerdo al holograma del PVVO y al año modelo.



4.3.4 Resultados

Distribución horaria de las emisiones

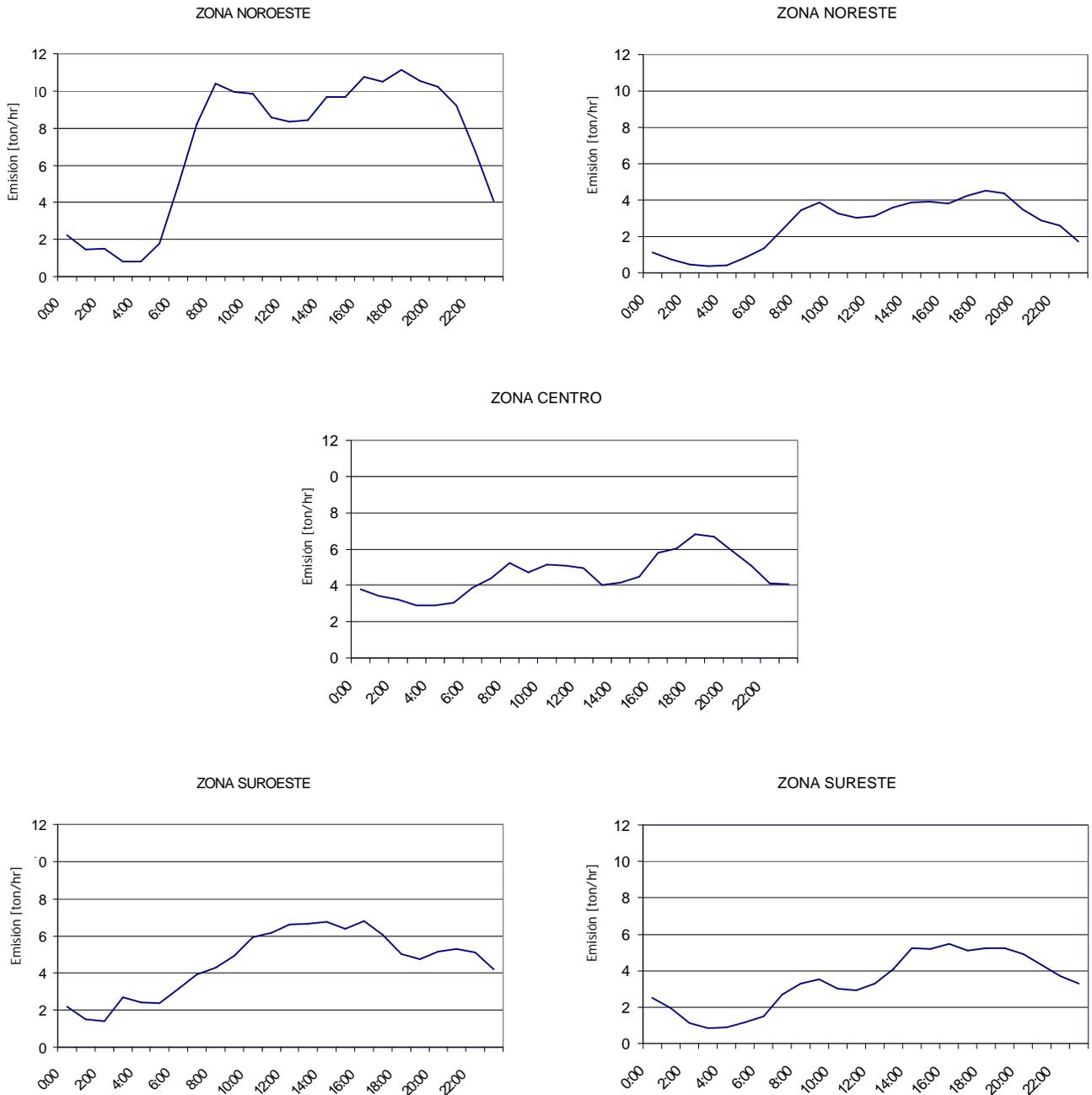
Con el propósito de que el inventario de emisiones sea utilizado para la modelación, se distribuyeron las emisiones de manera temporal, tomando como base el día 27 de abril del año 2000, al igual que en los otros sectores inventariados. Para el caso de las fuentes móviles, se dividió la ZMVM en cinco zonas, de forma similar a las zonas en que se reporta el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), de esta forma y tomando como base el *Estudio de aforos y velocidades en la red vial primaria del área metropolitana de la ciudad de México*, realizado en el año 2000 para la SETRAVI; se obtuvo un aforo representativo de cada zona.

A continuación, a manera de ejemplo, se muestra el comportamiento de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), cabe mencionar que para el resto de los contaminantes criterio el perfil temporal es similar.

En la Gráfica 4.3.7 podemos apreciar las variaciones en el perfil de cada zona, las cinco zonas tienen un contorno general en el cual se aprecian 2 picos, uno en la mañana y otro en la tarde con un valle intermedio, aunque hay zonas en las que se tiene poca variación entre las horas pico, como la noroeste y la suroeste, lo cual nos muestra que la actividad vehicular aparenta permanecer en forma similar a lo largo del día; lo anterior refleja el congestionamiento vial constante que se tienen en la ZMVM.

También tenemos que en todas las zonas la hora pico vespertina genera mayores emisiones que la matutina y que la hora pico con mayor emisión es la vespertina en la zona noroeste (entre las 17:00 y las 19:00 hrs.), seguida de las zonas centro (entre las 18:00 y las 20:00 hrs.) y suroeste (entre las 12:00 y las 16:00hrs).

Gráfica 4.3.7 Comportamiento horario de las emisiones de COV por zona.



Estimación de emisiones anuales

En la ZMVM el mayor aporte de emisiones lo tienen las fuentes móviles, esto se acentúa por la conjunción de varios factores que influyen en la emisión de contaminantes, entre los que tienen una mayor influencia podemos mencionar, el alto número de vehículos en circulación, el pobre o nulo mantenimiento que reciben, el congestionamiento de las arterias viales a diferentes horas del día, etc.

En la Tabla 4.3.8, se tienen las emisiones de las fuentes móviles carreteras en la ZMVM por contaminante y tipo de vehículo en el año 2000 y en la Tabla 4.3.9, tenemos su contribución porcentual.

Tabla 4.3.8 Emisiones por las fuentes móviles en la ZMVM en el 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año].								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Autos particulares	963	721	2,181	822,645	52,029	85,058	4,427	78,185	1,555
Taxis	245	183	518	215,387	16,091	25,126	1,431	23,096	318
Combis	33	25	93	67,832	3,084	6,571	264	6,040	20
Microbuses	111	94	143	184,435	8,504	17,469	954	16,108	18
Pick up	118	93	256	129,259	9,945	12,955	780	12,233	108
Vehículos ≤ 3 ton	558	485	430	419,384	29,915	37,084	2,465	34,165	182
Tractocamiones	2,058	1,893	372	18,955	22,199	7,855	330	7,193	3
Autobuses	949	873	192	10,150	9,256	3,303	133	3,026	1
Vehículos > a 3 ton	213	193	71	117,151	4,118	7,430	416	6,917	20
Motocicletas	26	20	57	28,324	255	5,935	225	5,682	36
Camiones de carga a gas L.P.	13	9	32	5,248	1,797	1,976	119	1,822	N/S
Vehículos a GNC	N/S	N/S	3	18	46	54	49	50	N/S
Total	5,287	4,589	4,348	2,018,788	157,239	210,816	11,593	194,517	2,261

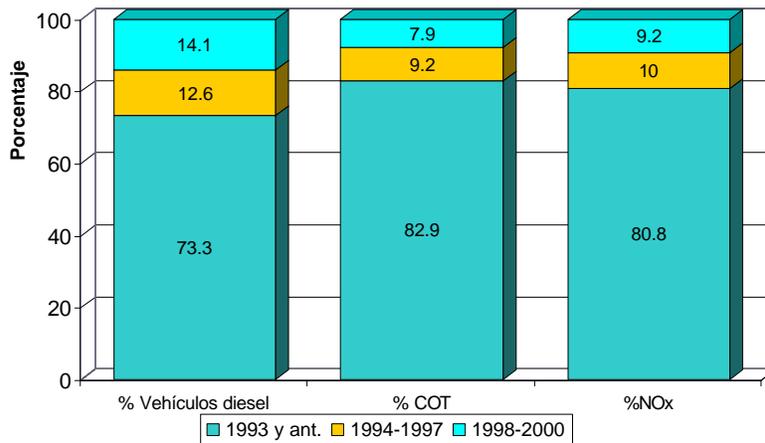
Tabla 4.3.9 Contribución porcentual por las fuentes móviles en la ZMVM en el 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [%].								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Autos particulares	18.21	15.71	50.16	40.75	33.09	40.35	38.19	40.19	68.77
Taxis	4.63	3.99	11.90	10.67	10.23	11.92	12.34	11.87	14.06
Combis	0.62	0.54	2.14	3.36	1.96	3.12	2.28	3.11	0.88
Microbuses	2.10	2.05	3.29	9.14	5.41	8.28	8.23	8.28	0.80
Pick up	2.23	2.03	5.89	6.40	6.32	6.15	6.73	6.29	4.78
Vehículos ≤ 3 ton	10.55	10.57	9.89	20.78	19.03	17.58	21.25	17.55	8.07
Tractocamiones	38.94	41.24	8.56	0.94	14.12	3.73	2.85	3.70	0.13
Autobuses	17.95	19.02	4.42	0.50	5.89	1.57	1.15	1.56	0.04
Vehículos > a 3 ton	4.03	4.21	1.63	5.80	2.62	3.51	3.59	3.56	0.88
Motocicletas	0.49	0.44	1.31	1.40	0.16	2.82	1.94	2.92	1.59
Camiones de carga a gas L.P.	0.25	0.20	0.74	0.26	1.14	0.94	1.03	0.94	N/S
Vehículos a GNC	N/S	N/S	0.07	N/S	0.03	0.03	0.42	0.03	N/S
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

De esta última tenemos que la mayor contribución de CO, NOx, COT y NH₃ es por parte de los autos particulares (con 40.75%, 33.09%, 40.35% y 68.77%, respectivamente) y el mayor aporte de las PM₁₀, proviene de los tractocamiones (38.94%)

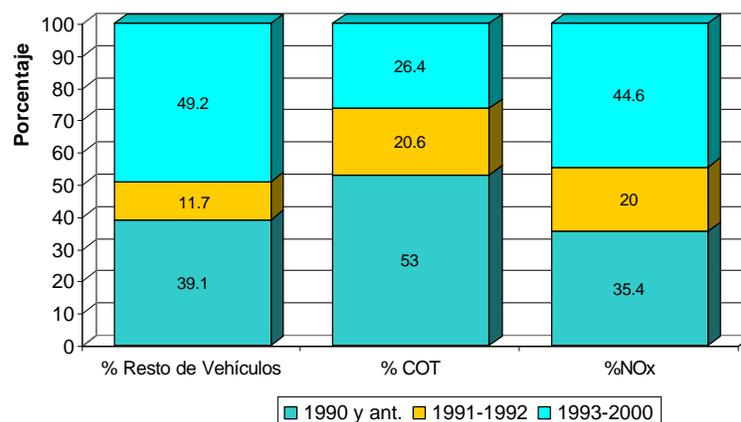
En la Gráfica 4.3.8 podemos apreciar la comparación porcentual entre la emisión de los precursores de ozono (compuestos orgánicos totales y óxidos de nitrógeno) y el número de vehículos a diesel en circulación estimados para la ZMVM en el año 2000 de acuerdo al año modelo; de ésta tenemos que el 73.3% de los vehículos (años modelo 1993 y anteriores), emite 82.9% de compuestos orgánicos totales y 80.8% de los óxidos de nitrógeno, mientras que los vehículos con tecnología EPA 94 (años modelo 1994 a 1997, 12.6% de los vehículos), emiten 9.2% de compuestos orgánicos totales y 10% de los óxidos de nitrógeno de este tipo de vehículo, en seguida tenemos los vehículos que cuentan con tecnología EPA 98 y representan el 14.1% de la flota, con un aporte de 7.9% y 9.2% de compuestos orgánicos totales y óxidos de nitrógeno, respectivamente.

Gráfica 4.3.8 Comparativo entre emisiones y número de vehículos que utilizan diesel.



Para complementar este análisis, en la Gráfica 4.3.9 tenemos al resto de la flota, esto es, vehículos que utilizan gasolina, GLP o GNC como combustible, subdividido por año modelo y su correspondiente aporte a las emisiones; aquí podemos apreciar que los vehículos sin sistemas para controlar emisiones (años modelo 1990 y anteriores), son 39.1% de los vehículos y contribuyen a las emisiones de hidrocarburos, con el 53% y con 35.4% a la de óxidos de nitrógeno; después tenemos a los vehículos que ya incorporan algunos sistemas de control de emisiones, como encendido electrónico y convertidor catalítico de 2 vías (años modelo 1991 y 1992, 11.7% de la flota) y cuya participación en las emisiones de COT es del 20.6% y 20% de los óxidos de nitrógeno; finalmente tenemos a los vehículos menos contaminantes, los cuales cuentan con sistemas de control de emisiones avanzados, tales como convertidor catalítico de 3 vías, canister para controlar las emisiones evaporativas, computadoras a bordo y sensores de oxígeno, 49.2% de la flota y emiten 26.4% de hidrocarburos y 44.6% de los óxidos de nitrógeno generados por estos vehículos.

Gráfica 4.3.9 Comparativo entre emisiones y número de vehículos para el resto de combustibles considerados.



4.3.5 Distribución de las emisiones en el Distrito Federal y el Estado de México

Al separar las emisiones de la ZMVM de acuerdo con las 2 entidades que la conforman, tenemos las correspondientes a las fuentes móviles carreteras para el Distrito Federal en el año 2000 en la Tabla 4.3.10 y las emisiones correspondientes al Estado de México, las tenemos en la Tabla 4.3.11

Tabla 4.3.10 Emisiones por las fuentes móviles en el Distrito Federal en el 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año].								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Autos particulares	685	512	1,375	460,229	34,792	49,763	2,590	45,742	1,260
Taxis	220	164	444	182,459	14,344	21,603	1,230	19,857	299
Combis	5	4	10	9,895	450	958	38	881	4
Microbuses	36	27	70	116,433	5,301	10,986	614	10,133	9
Pick up	48	37	94	53,921	4,300	5,553	334	5,413	66
Vehículos ≤ 3 ton	347	293	330	383,364	27,191	33,653	2,088	30,999	173
Tractocamiones	1,611	1,482	233	14,448	17,377	6,128	256	5,543	2
Autobuses	738	679	125	6,301	7,278	2,519	100	2,281	1
Vehículos > a 3 ton	113	103	15	47,789	1,947	3,081	172	2,938	12
Motocicletas	23	18	48	24,673	233	5,043	191	4,845	34
Camiones de carga a gas L.P.	10	7	25	4,155	1,383	1,566	92	1,444	N/S
Vehículos a GNC	N/S	N/S	3	18	45	52	47	48	N/S
Total	3,836	3,326	2,772	1,303,685	114,641	140,905	7,752	130,124	1,860

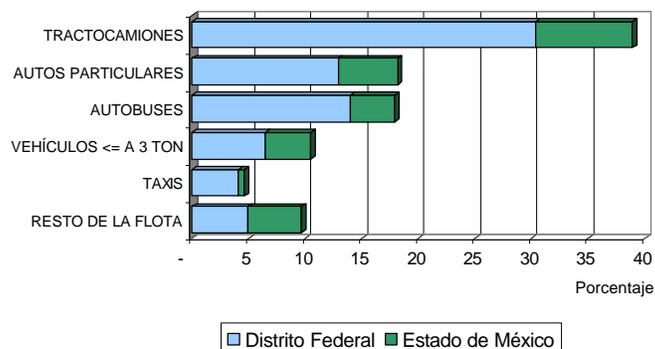
Tabla 4.3.11 Emisiones por las fuentes móviles en el Estado de México en el 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año].								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Autos particulares	278	209	806	362,416	17,237	35,295	1,837	32,443	295
Taxis	25	19	74	32,928	1,747	3,523	201	3,239	19
Combis	28	21	83	57,937	2,634	5,613	226	5,159	16
Microbuses	75	67	73	68,002	3,203	6,483	340	5,975	9
Pick up	70	56	162	75,338	5,645	7,402	446	6,820	42
Vehículos ≤ 3 ton	211	192	100	36,020	2,724	3,431	377	3,166	9
Tractocamiones	447	411	139	4,507	4,822	1,727	74	1,650	1
Autobuses	211	194	67	3,849	1,978	784	33	745	N/S
Vehículos > a 3 ton	100	90	56	69,362	2,171	4,349	244	3,979	8
Motocicletas	3	2	9	3,651	22	892	34	837	2
Camiones de carga a gas L.P.	3	2	7	1,093	414	410	27	378	N/S
Vehículos a GNC	N/S	N/S	N/S	N/S	1	2	2	2	N/S
Total	1,451	1,263	1,576	715,103	42,598	69,911	3,841	64,393	401

En las Gráficas siguientes se jerarquizaron las emisiones de la ZMVM para los diversos tipos de vehículos, en ellas tenemos los 5 mayores emisores para cada contaminante y una categoría en la que se agrupa el resto de la flota, cabe mencionar que aunque en algunos casos dicha categoría es mayor que algún tipo de vehículo, en todas las Gráficas aparece al final, ya que este análisis se concentra en los 5 mayores emisores. En estas mismas Gráficas se muestra la emisión porcentual de cada tipo de vehículo, dividida para Distrito Federal y Estado de México.

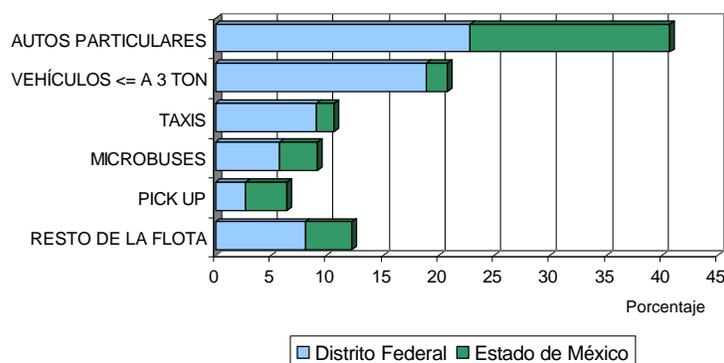
En la Gráfica 4.3.10, tenemos que el mayor aporte en las emisiones de PM₁₀ lo tienen los tractocamiones, seguidos de los autos particulares y también podemos apreciar que en el caso de las 4 categorías más emisoras, la mayor parte de la emisión proviene del Distrito Federal.

Gráfica 4.3.10 Distribución de partículas menores a 10 micras de acuerdo con el tipo de vehículo.



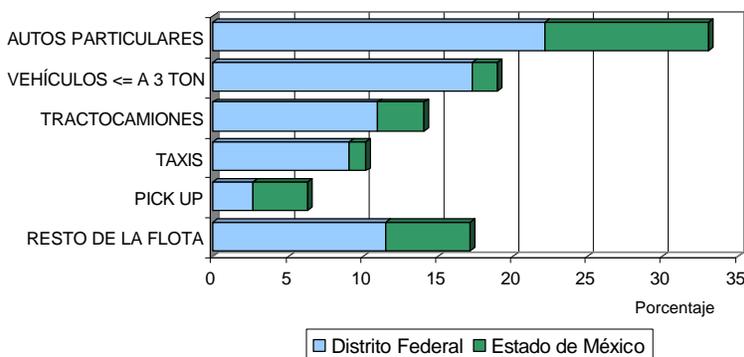
Las emisiones de CO se presentan en la Gráfica 4.3.11, de donde tenemos que predominan los autos particulares, casi duplicando la emisión de los vehículos con un peso de 3 toneladas o menos; analizando el aporte por entidad, la emisión de los autos particulares es muy similar, tanto para el Distrito Federal como para el Estado de México y para los vehículos con un peso menor o igual a 3 toneladas el mayor aporte corresponde al Distrito Federal.

Gráfica 4.3.11 Distribución de monóxido de carbono de acuerdo con el tipo de vehículo.



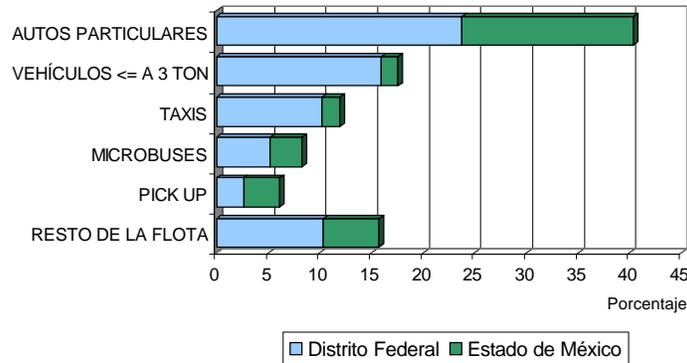
En la Grafica 4.3.12, tenemos que los autos particulares predominan en la emisión de los NOx, con una contribución ligeramente mayor del Distrito Federal; seguido por los vehículos con un peso menor o igual a 3 toneladas, para los cuales el mayor aporte es del Distrito Federal.

Grafica 4.3.12 Distribución de los óxidos de nitrógeno de acuerdo con el tipo de vehículo.



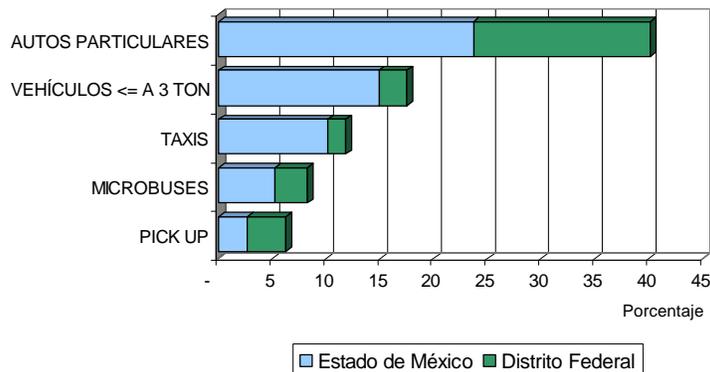
Para los COT, Gráfica 4.3.13, tenemos que el mayor emisor son los autos particulares, con una contribución ligeramente mayor por parte del Distrito Federal y duplicando la contribución del siguiente emisor que son los vehículos con un peso menor o igual a 3 toneladas, para los que el mayor aporte proviene del Distrito Federal.

Gráfica 4.3.13 Distribución de los compuestos orgánicos totales de acuerdo con el tipo de vehículo.



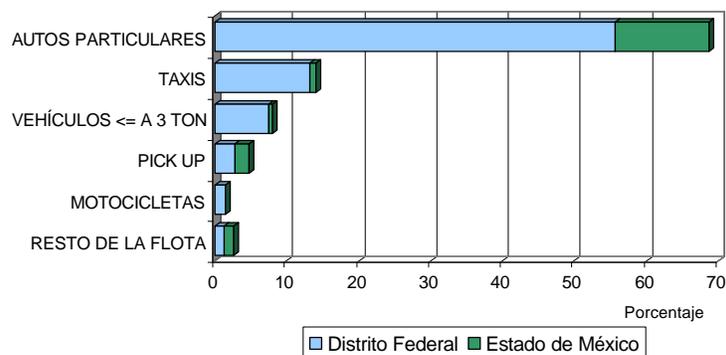
En la Grafica 4.3.14, tenemos que en la emisión por tipo de vehículo para los COV's, el tipo de vehículo que más emite son los autos particulares, con cerca del 40% de las emisiones, donde la emisión del Distrito Federal es poco más de la mitad y el segundo más emisor son los vehículos con un peso menor o igual a 3 toneladas, con poco más del 15% del total de emisiones de este contaminante en la ZMVM.

Grafica 4.3.14 Distribución de los compuestos orgánicos volátiles de acuerdo con el tipo de vehículo.



Finalmente, tenemos que la categoría predominante en la emisión de NH₃, Gráfica 4.3.15, son los autos particulares, con casi el 70% del total de emisiones de este contaminante, seguido por los taxis con poco más del 10%; para ambos tipos de vehículos tenemos que el mayor aporte es del Distrito Federal.

Gráfica 4.3.15 Distribución del amoniaco de acuerdo con el tipo de vehículo.



En general, podemos decir que los autos particulares, y los vehículos con un peso menor o igual a 3 toneladas influyen significativamente en la emisión del CO, NO_x y COT, mientras que en la emisión de PM₁₀, influyen más los tractocamiones y los mayores emisores de NH₃ son los autos particulares seguidos de los taxis.

4.4 FUENTES NATURALES

4.4.1 Vegetación

La vegetación además de crear un ambiente estético favorable, contribuye a través de sus procesos fisiológicos normales a mejorar la calidad del aire de la ZMVM, p.e. cada día se produce en una hectárea arbolada, el oxígeno suficiente para 52 personas (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1993). Son varios los beneficios que nos otorgan las áreas verdes, sin embargo, también por medio de los procesos metabólicos normales de la vegetación se generan hidrocarburos, principalmente isoprenos y monoterpenos, además, junto con los óxidos de nitrógeno que se producen en el suelo por el proceso de desnitrificación-nitrificación, favorece la formación de ozono, el cual es uno de los principales contaminantes que deterioran la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México; por tal motivo es importante cuantificar las emisiones generadas por la vegetación y los suelos. Para realizar lo anterior fue necesario identificar las áreas verdes de la zona de estudio y los suelos se clasificaron de acuerdo a su uso, resultando que de los 3,590 km² de superficie que tiene la ZMVM, el 41% es destinado a la agricultura, el 32% a los asentamientos humanos, el 24% son áreas forestales (bosques) y el restante 3% a otros usos (suelos sin vegetación aparente y matorrales entre las principales), ver Mapa 4.4.1 y Tabla 4.4.1.

Mapa 4.4.1 Uso de Suelo y vegetación de la ZMVM, 2000

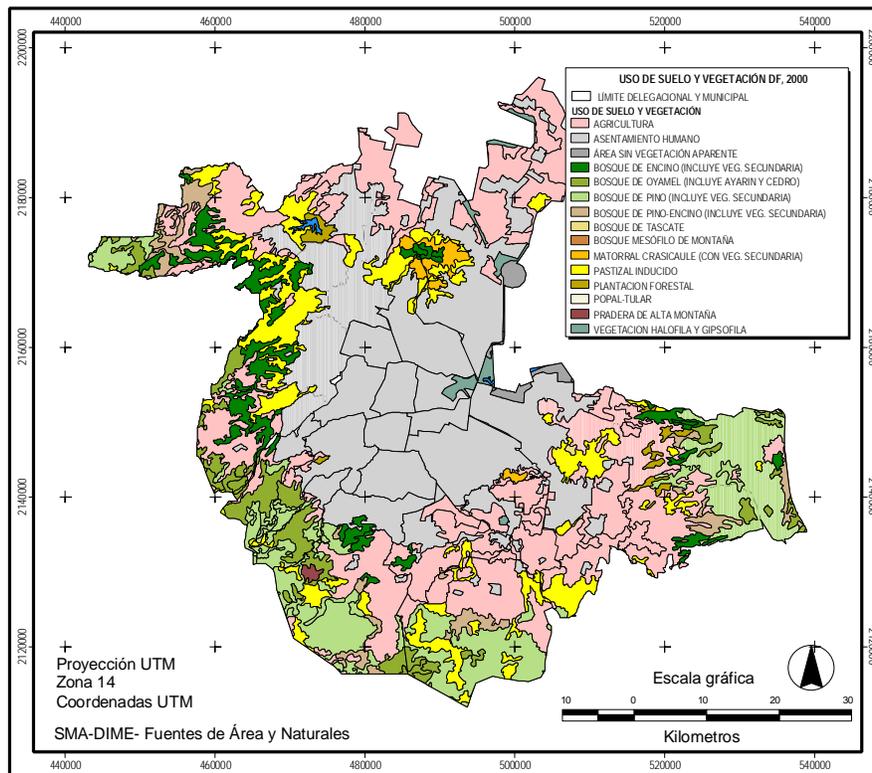


Tabla 4.4.1 Uso de suelo en la ZMVM, 2000

Uso de suelo	Distrito Federal		Estado de México		ZMVM	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Agrícola	465	13	1006	28	1471	41
Forestal	395	11	459	13	854	24
Urbano	641	17	565	15	1206	32
Otros	7	1	52	2	59	3
Total	1,508	42	2,082	58	3,590	100

Nota: Datos provenientes de la cobertura digital de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000 (SEMARNAT, 2000)

El uso de suelo "Otros" incluye cuerpos de agua, matorral y áreas sin vegetación aparente.

Debido a la escala de la cobertura digital mencionada y al uso de los sistemas de información utilizados, las superficies mostradas pueden variar con respecto a las superficies del área de estudio.

Metodología

Las emisiones por hectárea y tipo de especie vegetal, se obtuvieron a través del software "Personal Computing Biogenic Emissions Inventory System" versión 2.2 (PC-BEIS 2.2), desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana (US-EPA), el cual requiere de información meteorológica y de la cobertura por especie vegetal de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Para ser más precisos, el cálculo se realizó conforme a las tres temporadas climatológicas propuestas en el estudio "*Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México*"¹, las cuales son:

1. Seca-fría: Noviembre - Febrero
2. Seca-cálida: Marzo - Mayo
3. Lluvias: Junio - Octubre

Por lo anterior, se seleccionó el día representativo de cada una de ellas, los cuales fueron: el 10 de enero, el 27 de abril y el 3 de octubre del año 2000, eligiéndose éstos por haber sido episodios de alta concentración de ozono y elevada temperatura.

Para la obtención de la cobertura vegetal se utilizó como base el Inventario Nacional Forestal² 2000, escala 1:250,000, y en lo que se refiere a la superficie agrícola del Distrito Federal, se utilizó la superficie sembrada por ciclo agrícola (primavera-verano, otoño-invierno), superficie de riego y temporal, así como los cultivos perennes del año 2000 (SAGARPA-Distrito Federal³).

¹ Ruiz Suárez, *et al*, 1994.

² Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000

³ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación - Delegación Distrito Federal

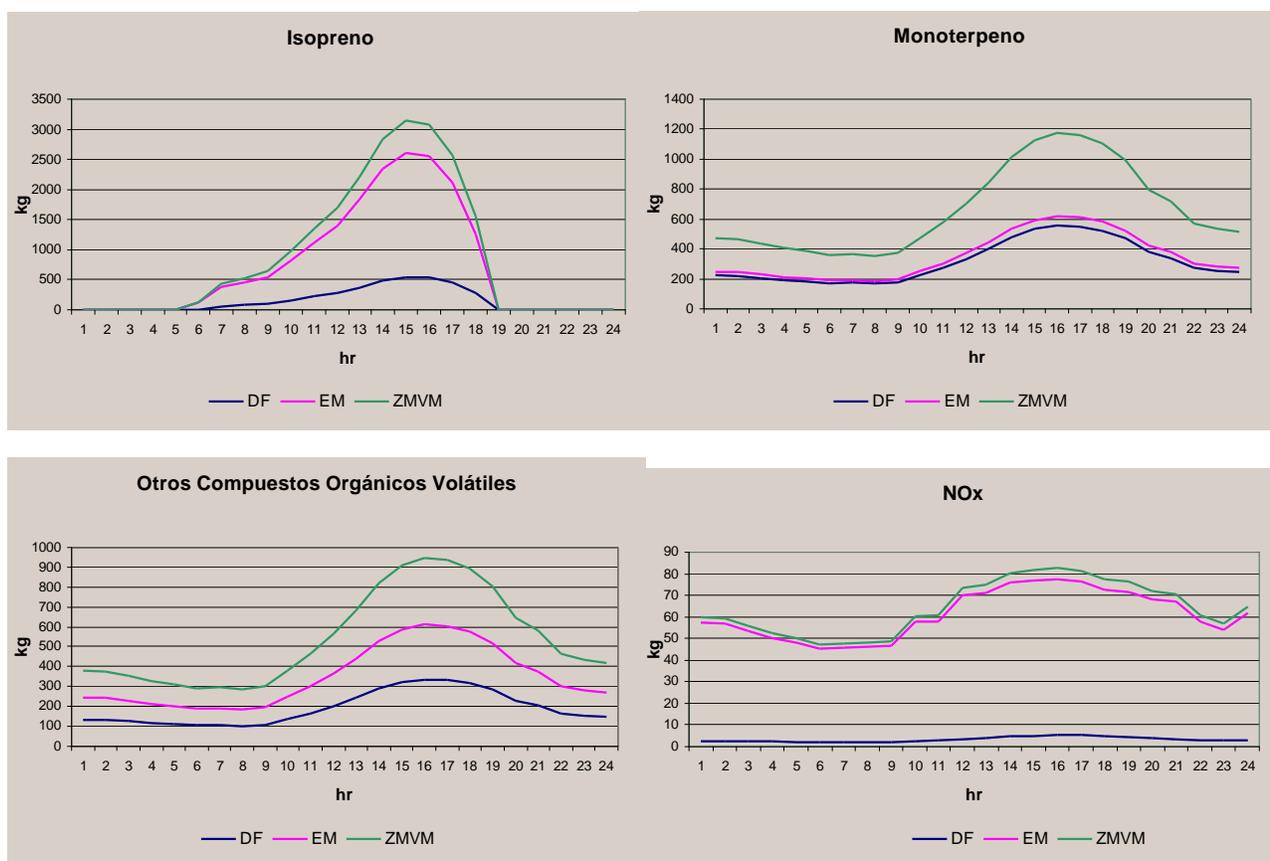
Resultados

Emisiones horarias

En la Zona Metropolitana del Valle de México, se estima que en promedio se emiten diariamente 50 toneladas de hidrocarburos debidos a la actividad metabólica de la vegetación y 2 toneladas de óxidos de nitrógeno, como producto de los procesos bioquímicos del suelo, el patrón de distribución de estas emisiones a través del día, depende en gran medida de la temperatura ambiente de la zona de estudio.

La metodología utilizada en este sector, nos permitió obtener el cálculo de las emisiones horarias de éstos compuestos, tal y como se muestra en las gráficas siguientes, correspondientes a la temporada seca-cálida:

Gráfica 4.4.1 Emisiones horarias de vegetación y suelos, 2000



En la Gráfica 4.4.1 se observa que las emisiones de isopreno, monoterpeno, otros compuestos orgánicos volátiles y los NOx, se incrementan conforme aumenta la temperatura ambiente en el transcurso del día y comienzan a disminuir gradualmente después de las 16:00 horas, esto se debe a que las emisiones de dichos contaminantes dependen de la temperatura que alcance la biomasa del árbol y la superficie del suelo, la cual a su vez, es proporcional a la temperatura ambiente. En lo que se refiere al isopreno, sigue el mismo comportamiento, sin embargo comienza a disminuir drásticamente después de las 15:00 horas, lo anterior obedece principalmente a que éste contaminante depende directamente de la cantidad de radiación solar que recibe.

Emisiones anuales ZMVM

A continuación se muestran los resultados de las emisiones estimadas para la ZMVM:

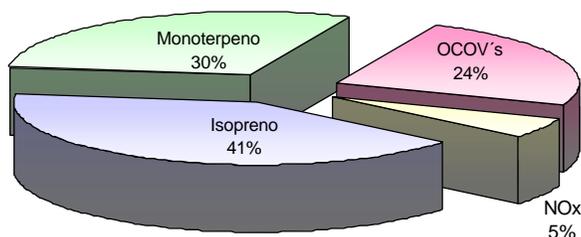
Tabla 4.4.2 Emisiones de fuentes biogénicas ZMVM, 2000 [ton/año]

Zona Metropolitana del Valle de México					
Temporada	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV's	Total COV's	NOx
Fría	1,762	1,354	1,095	4,211	265
Lluvias	2,927	2,045	1,660	6,632	446
Seca	1,945	1,459	1,178	4,582	148
Total anual	6,634	4,858	3,933	15,425	859

Total de COV's = COT

Las emisiones estimadas para la ZMVM indican, que de las 16,284 toneladas anuales de compuestos generados por las fuentes biogénicas, el 95% corresponden a los COV's y 5% a NOx; de los COV's, el 41% es isopreno, 30% monoterpeno y el resto son otros compuestos orgánicos volátiles. La siguiente gráfica muestra la contribución por tipo de compuesto para la Zona Metropolitana del Valle de México.

Gráfica 4.4.2 Contribución por tipo de contaminante en la ZMVM, 2000



También se puede mencionar que el 43% de las emisiones de COV's se generan en la época de lluvias, el 30% en la seca y el 27% restante en la época fría; por lo que respecta a los NOx, el 52% se emite en la época de lluvias, el 31% en la fría y un 17% en la seca.

El compuesto que tiene las menores emisiones es el NOx, con 859 toneladas al año, contribuyendo con el 5% a las emisiones totales de la ZMVM y al igual que los hidrocarburos, se presentan los valores más altos en la temporada de lluvia.

En general, las emisiones del Distrito Federal y Estado de México, siguen el mismo patrón de comportamiento a través del día y como se observa, las emisiones del Estado son más altas, debido a que la superficie utilizada para la estimación es mayor, en particular, el área agrícola del Estado de México representa el 28 % de la ZMVM y la del Distrito Federal el 13%, de aquí que los NOx sean más elevados en el Estado de México.

Distrito Federal

En esta entidad se emiten 4,666 ton/año de COV's y 125 ton/año de NOx, el principal compuesto es el monoterpeno con 2,257 ton/año, el cual se atribuye principalmente a las especies forestales del área, ésta cifra representa el 46% de las emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México, le sigue en importancia los COV's con 1,364 ton/año (35%) y el isopreno con 1,045 ton/año (16%).

La Tabla 4.4.3 muestra las emisiones por contaminante en el Distrito Federal.

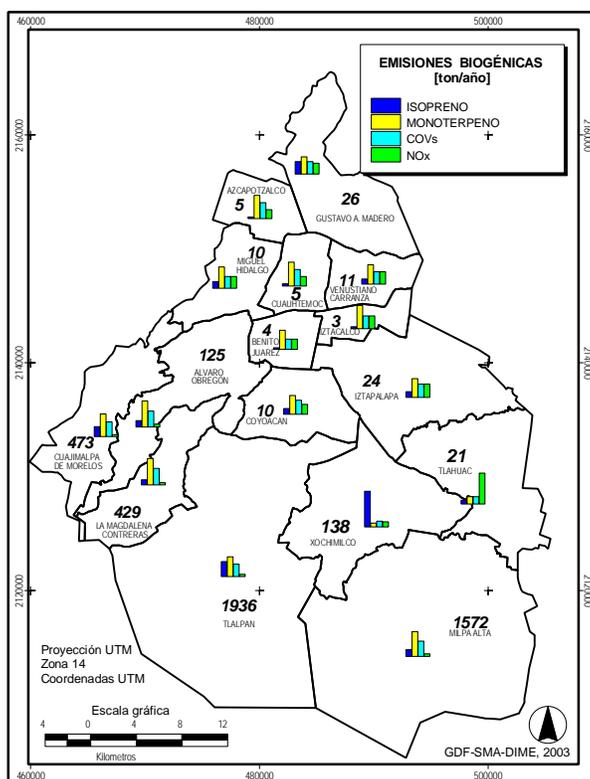
Tabla 4.4.3 Emisiones de vegetación y suelos DF [ton/año]

Distrito Federal					
Temporada	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV's	Total COV's	NOx
Fría	260	633	383	1,276	17
Lluvias	454	938	567	1,959	96
Seca	331	686	414	1,431	12
Total anual	1,045	2,257	1,364	4,666	125

Total de COV's = COT

En el mapa Mapa 4.4.2 se muestran las emisiones biogénicas por delegación y tipo de contaminante para el Distrito Federal, en él se observa que en Xochimilco y Tláhuac, el isopreno y los NOx se emiten en gran cantidad, esto debido a que son delegaciones con extensas áreas de cultivos agrícolas. Las demarcaciones con mayores emisiones son Tlalpan y Milpa Alta, que en conjunto emiten más del 70% de las emisiones totales del Distrito Federal (1,936 y 1,572 ton/año respectivamente), le siguen en orden de importancia Cuajimalpa de Morelos y Magdalena Contreras.

Mapa 4.4.2 Emisiones biogénicas del Distrito Federal, 2000



En general, la zona sur del Distrito Federal es la región con mayores emisiones, esto debido a la proporción de bosques y áreas de cultivo que presenta.

Haciendo una comparación sobre las emisiones estimadas para el año 2000 y las reportadas en el inventario 1998, se puede mencionar que las del año 2000, fueron más elevadas, debido principalmente a que el área geográfica de estudio fue considerablemente mayor y contó con el control de calidad que ofrecen los sistemas de información geográfica, puesto que se utilizó una cobertura digital del uso de suelo y vegetación con una superficie total de 1,508 km², a diferencia de la superficie de 1998 que fue de 1,003 km², cabe mencionar que se tomó el área total del suelo de conservación que representa el 59% del Distrito Federal, siendo las áreas forestales las principales emisoras de contaminantes biogénicos, otro punto importante es que se utilizó la superficie cosechada por cultivo para cada una de las delegaciones. En general esto permitió realizar una mejor clasificación y asignación de factores de emisión a las especies vegetales.

Estado de México

En el Estado de México se emiten 10,759 ton/año de COV's y 734 ton/año de NOx, a continuación en la Tabla 4.4.4 se muestran las emisiones por temporada y tipo de contaminante:

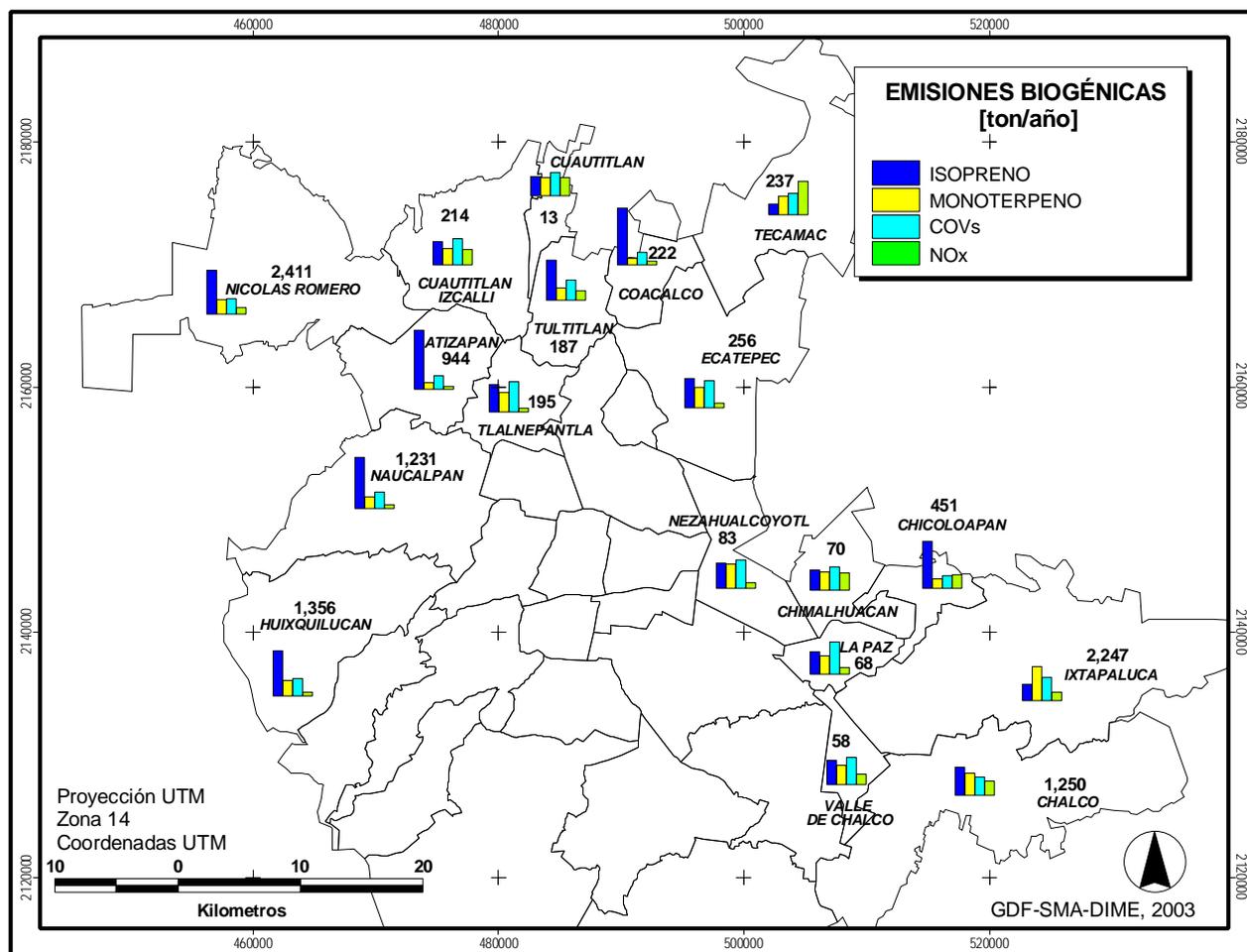
Tabla 4.4.4 Emisiones de vegetación y suelos Edo. Méx. [ton/año]

Estado de México					
Temporada	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV's	Total COV's	NOx
Fría	1,502	721	712	2,935	248
Lluvias	2,473	1,107	1,093	4,673	350
Seca	1,614	773	764	3,151	136
Total anual	5,589	2,601	2,569	10,759	734

Total de COV's = COT

El 84% de las emisiones de isopreno en la Zona Metropolitana del Valle de México son generadas por el Estado de México, lo que corresponde a 5,589 ton/año y se pueden atribuir a las zonas boscosas de la zona poniente del Estado, la cual cuenta con grandes áreas de bosque de encino y pino-encino; por otro lado, la contribución del monoterpeno y de otros COV's representa el 54% y 65% respectivamente (ver mapa siguiente). Se observó que los municipios de Nicolás Romero e Iztapaluca presentaron las mayores emisiones, generando más del 40% de las emisiones (2,411 y 2,247 ton/año respectivamente), otros municipios que se pueden considerar de altas emisiones son: Huixquilucan (12%), Chalco (11%) y Naucalpan de Juárez (11%) (ver distribución de emisiones en el mapa siguiente).

Mapa 4.4.3 Emisiones biogénicas del Estado de México, 2000



Todos los hidrocarburos biogénicos así como los NOx provenientes del suelo, se presentan en mayor cantidad en la época de lluvias, aún cuando la temperatura ambiental sea más elevada en la época de secas, esto se debe a la gran cantidad de vegetación y cultivos de temporal en dicha estación, así mismo, cabe mencionar que la temporada de lluvias tiene una duración mayor en días.

Las mayores emisiones provienen de las áreas forestales, por lo que es importante resaltar que aunque la superficie forestal es menor que la agrícola, la densidad de biomasa es mayor y las especies forestales presentan factores de emisión más altos que las especies agrícolas.

4.4.2 Erosión del Suelo

La incidencia de la erosión del suelo ocasionada por la velocidad del viento, se ve influenciada casi siempre por la disminución de la cubierta vegetal, originado por el sobrepastoreo o a causa de la eliminación de la vegetación para usos domésticos o agrícolas.

De acuerdo con la SEMARNAT (1999)⁴, los principales procesos de degradación que se presentan en los suelos del país son, la erosión hídrica, que afecta el 57 % del territorio y la erosión eólica presente en el 23 % de la superficie nacional. La erosión eólica es una fuente generadora de partículas suspendidas y, en particular, las PM₁₀ son un contaminante de gran importancia en la Zona Metropolitana del Valle de México, debido a que durante la temporada de sequía hay frecuentes excedencias a su norma (150 µg/m³, promedio en 24 horas).

Las partículas se originan de una gran variedad de fuentes antropogénicas fijas y móviles, pero también son de origen geológico, estas últimas pueden contribuir del orden de 70% a 90% a las emisiones de PM₁₀ y con 50% a 80% de PM_{2.5} (Watson y Chow, 2000), cabe mencionar que están asociadas al uso de suelo y condiciones climáticas del lugar. Debido a esto, en el presente documento se estimaron las PM₁₀ y PM_{2.5} originadas por la erosión eólica en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Metodología

La Zona Metropolitana del Valle de México se encuentra localizada en una llanura y debido a esto no presenta un relieve accidentado. Se tienen seis tipos de climas que van, desde los semisecos hasta los semifríos, entre los principales están: el templado subhúmedo (precipitación promedio de 700 mm a 1150 mm) y el semiseco templado (precipitación anual menor de 600 mm).

Los usos de suelo predominantes se clasifican en: bosques, pastizales, matorrales, agricultura y área urbana (INEGI,2000)⁵.

Los tipos de suelos dominantes son: Litosol, Andosol, Regosol, Vertisol, Feozem y Solonchac, éstos presentan en general una textura de media a gruesa, compuesta de aproximadamente 50% de arena y en menor proporción limo y arcilla (CORENADER, 2000⁶ y GDF-Universidad de Chapingo, 2000⁷).

En lo que se refiere al uso de suelo se utilizó un sistema de información geográfica para generar una cobertura de zonas susceptibles a la erosión eólica, utilizando las áreas agrícolas de temporal y de cultivos permanentes del Inventario Nacional Forestal 2000, asumiendo que las áreas agrícolas de temporal permanecen sin cubierta vegetal una parte del año y son fácilmente susceptibles a la erosión, las áreas de cultivos permanentes se consideraron como suelos con cubierta vegetal, ya que todo el año presentan algún tipo de vegetación.

⁴ Los porcentajes se refieren al total de la superficie afectada, 1 254 607.45 km², la cual representa el 64% de la superficie continental del país, estimada en 1,959,248 km², (INEGI, 1999). www.semarnat.gob.mx/estadisticas_ambientales/estadisticas_am_98/suelos/suelos04.shtml

⁵ Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000

⁶ Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural

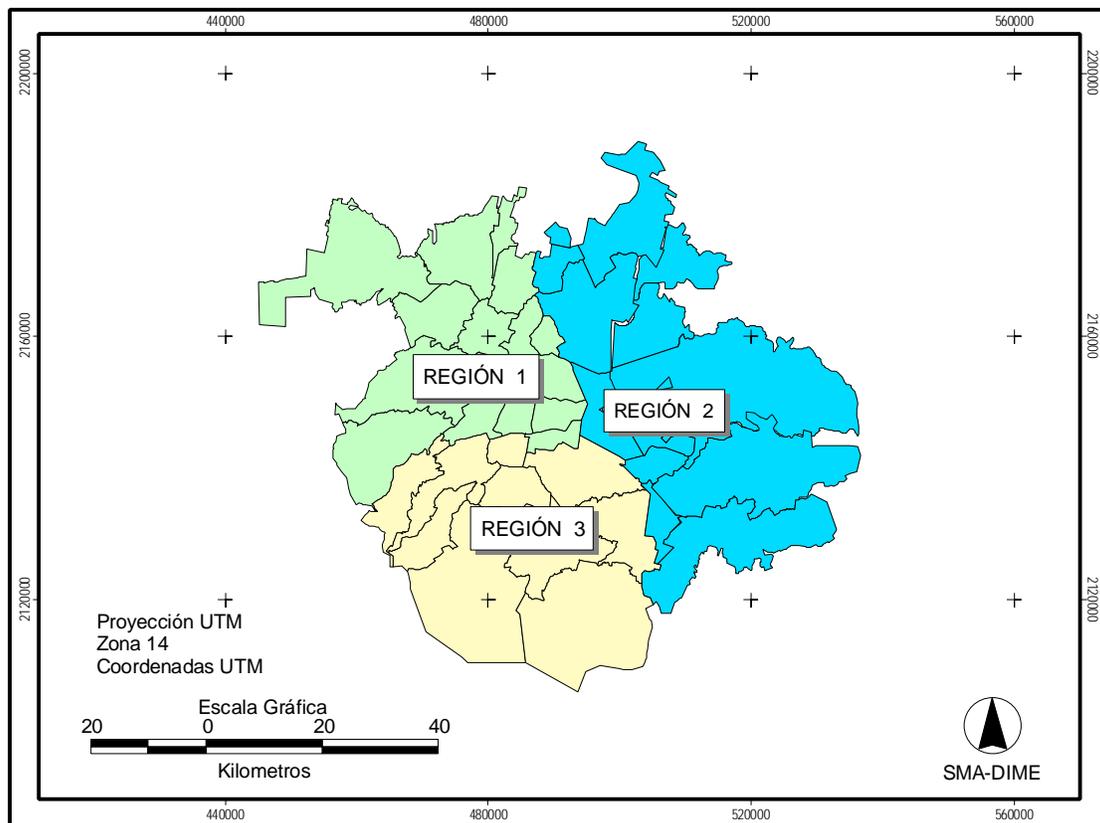
⁷ "Bases para el Manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México".

Así mismo, se tomaron en cuenta las áreas de pastizales, matorrales y la vegetación halófila de la zona. Para el caso del Distrito Federal, se agregaron las áreas naturales protegidas, superficies consideradas con suelo con cubierta vegetal, se contabilizaron los asentamientos irregulares y poblados considerados rurales, asumiendo que dichas áreas permanecen sin vegetación.

Finalmente se llevó a cabo la sobreposición de la cobertura preliminar de erosión, con una imagen de satélite LANDSAT TM, de 5 bandas del año 2000, con resolución de 30 m, la cual fue proporcionada por SEMARNAT y la traza urbana de la SETRAVI 2000, lo anterior con la finalidad de realizar correcciones a las áreas de erosión, así mismo, se agregaron algunos parques urbanos de importancia, tomados de la carta "Condensado Estatal" (INEGI, 2000, escala 1:80,000) del Distrito Federal.

La cobertura digital de zonas susceptibles a la erosión eólica, fue dividida en tres regiones, esto con la finalidad de obtener condiciones meteorológicas específicas de las mismas. Para el cálculo de las emisiones se tomaron en cuenta los municipios de Acolman, Atenco y Texcoco, que aunque no pertenecen a la ZMVM, poseen grandes superficies susceptibles de erosión. Las delegaciones y municipios considerados en cada región se muestran a continuación (Mapa 4.4.4).

Mapa 4.4.4 Regiones para el cálculo de emisiones por erosión eólica



REGIÓN 1	REGIÓN 2	REGIÓN 3
• Atizapán de Zaragoza	• Acolman	• Álvaro Obregón
• Azcapotzalco	• Atenco	• Cuajimalpa de Morelos
• Cuautitlán	• Coacalco de Berriozábal	• Iztapalapa
• Cuautitlán Izcalli	• Chalco	• La Magdalena Contreras
• Gustavo A. Madero	• Chicoloapan	• Milpa Alta
• Huixquilucan	• Chimalhuacán	• Tláhuac
• Miguel Hidalgo	• Ecatepec	• Tlalpan
• Naucalpan de Juárez	• Ixtapaluca	• Xochimilco
• Nicolás Romero	• La Paz	
• Tlalnepantla de Baz	• Nezahualcóyotl	
• Tultitlán	• Tecámac	
• Venustiano Carranza	• Texcoco	
	• Valle de Chalco	

Las emisiones de PM_{10} generadas por la erosión de suelos se calcularon con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México (Radian International, 1997), con la ecuación modificada de erosionabilidad del suelo, desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (EPA, 1997 en Radian International, 1997). En lo que se refiere a las $PM_{2.5}$, se estimaron con base en el perfil de especiación de material particulado propuesto por CEIDARS⁸, donde se considera que las $PM_{2.5}$ representan aproximadamente el 11% de las partículas totales (PST).

Ecuación modificada de Erosionabilidad del Suelo:

$$E = (FS) I C K L' V'$$

Donde:

E = Factor de emisión de partículas suspendidas en [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].

Para el factor FS , se tomó el 2.5% considerado para las regiones agrícolas y el 3.8% para caminos sin pavimentar y otras áreas, así mismo, de la cantidad de pérdida de suelo que se suspende aproximadamente el 50% son PM_{10} .

⁸ California Emission Inventory And Reporting System (CEIDARS)

Debido a que en el Valle de México existen diferentes tipos de suelo, para la obtención del factor *I* de erosionabilidad del suelo, se consideraron los más predominantes, los cuales, en general, presentan en su mayor proporción arena y en menor cantidad limo y arcilla. Esto se realizó con base en los tipos de suelo que menciona la CORENADER⁹, así como el estudio “Bases para el Manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México”¹⁰.

Con base en los factores de erosionabilidad, para este tipo de suelo el valor del factor *I* es de 56 toneladas/acre/año.

El factor climático *C*, se calculó con la siguiente ecuación tomando en cuenta la velocidad del viento y de la humedad del suelo, es importante resaltar que la tasa de movimiento del suelo, varía directamente con la velocidad del viento e inversamente con la humedad de la superficie:

$$C = \frac{(0.345) V^3}{[115 \sum_1^{12} (Pm_i / Tm_i - 10)^{10/9}]^2}$$

Donde

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

Pm = precipitación mensual [pulgadas]

Tm = temperatura promedio mensual [grados Fahrenheit].

Los datos para el cálculo del factor *C* por región, fueron tomados de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) y los valores de precipitación fueron proporcionados por la Dirección General Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH).

El factor de rugosidad del suelo (*K*), está dado por la reducción en la erosión eólica a causa de la presencia de cerros, lomas, canales, surcos, entre los principales. Cuando la presencia de estos factores es mínima, como es el caso de la zona de estudio, se estima un valor de rugosidad de 1, para el caso de las áreas agrícolas y debido a que el cultivo predominante en la zona es el maíz, se utilizó un valor de 0.6.

El factor de amplitud de campo sin protección (*L'*) se fundamenta en el producto de los factores de erosionabilidad (*I*) y rugosidad (*K*). Con base en la tabla de valores respectiva (USEPA, 1997) se determina la amplitud de campo (*L*), tomando como referencia las curvas de efecto de la longitud de campo sobre la tasa de emisión relativa. Se tomó un valor de 0.76 para las áreas de cultivos y de 0.32 para áreas con un uso diferente al agrícola (USEPA, 1997; Nívar y Treviño 1997¹¹).

El factor *V'* se tomó considerando *V'* = 1 cuando el suelo no tiene cobertura vegetal y *V'* = 0.5 si existe cobertura vegetal.

Con base en lo anterior, en la Tabla 4.4.5 se muestran los valores utilizados para el cálculo de las emisiones de PM₁₀ por región:

⁹ Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural

¹⁰ GDF-Universidad de Chapingo 2000.

¹¹ Navar y Treviño, 1997. Estimación del Tonelaje de partículas de Suelo que Potencialmente Contribuye a la Contaminación del Aire en el Área de Monterrey, México.

Tabla 4.4.5 Variables de cálculo para el factor de emisión de partículas por región

Parámetro		Región		
		1	2	3
Fracción de partículas suspendidas 2.5% (agrícola)	FS	2.5%	2.5%	2.5%
Fracción de partículas suspendidas 3.8% (otros)	FS	3.8%	3.8%	3.8%
Erosionabilidad (ton/acre/año)	I	56	56	56
Factor climático	C	0.014	0.0190	0.0009
Factor de rugosidad (agrícola)	K	0.6	0.6	0.6
Factor de rugosidad (otros)	K	1	1	1
Factor amplitud del campo sin protección (agrícola)	L'	0.76	0.76	.76
Factor amplitud del campo sin protección (otros)	L'	0.32	0.32	0.32
Factor de cobertura vegetal (sin veg.)	V'S	1	1	1
Factor de cobertura vegetal (con veg.)	V'C	0.5	0.5	0.5
Velocidad de viento (millas/hora)	V	4.17	4.47	1.86

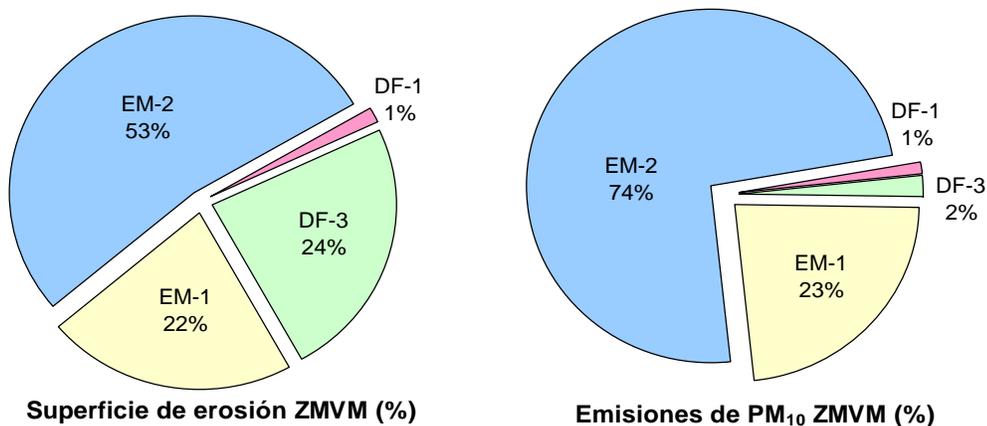
Nota: 1 ha = 2.5 acres

Resultados

Conforme a la cobertura generada, se tiene que la superficie considerada como susceptible de erosión eólica en la Zona Metropolitana del Valle de México, es de 193,609 ha, de las cuales 48,938 ha corresponden al Distrito Federal y 144,671 ha están ubicadas en el Estado de México.

En dicha área se genera un total de 1,736 ton/año de PM₁₀ y 380 de PM_{2.5} ton/año. En las siguientes gráficas se muestra la contribución en porcentaje de las superficies de erosión y emisiones por entidad federativa y por regiones; en general se puede observar que el Distrito Federal representa el 25 % de la superficie susceptible de erosión y el 3 % de las emisiones totales de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Gráfica 4.4.3 Principales generadores de partículas en la ZMVM, 2000



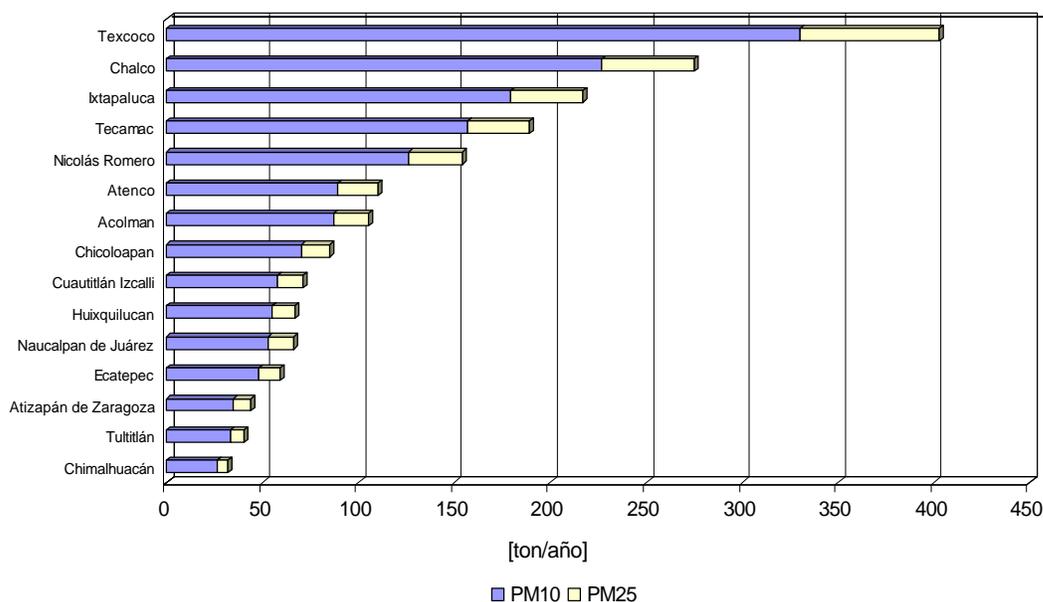
EM= Estado de México

DF= Distrito Federal

Regiones= 1,2,3

La siguiente gráfica muestra los principales municipios emisores de partículas en la Zona Metropolitana del Valle de México, los cuales representan aproximadamente el 90% de las emisiones totales.

Gráfica 4.4.4 Principales municipios emisores de partículas en la ZMVM, 2000



De acuerdo a los datos anteriores, se puede observar que de las emisiones de partículas estimadas (1,736 ton/año), las PM_{2.5} representan el 22% de las PM₁₀ en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Distrito Federal

En lo que se refiere a las superficies susceptibles de erosión, las delegaciones de Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco resultaron con mayores proporciones, esto debido a que son sitios con actividades agropecuarias, aún cuando existen áreas naturales protegidas dentro de ellas, es sabido que dichas áreas no siempre se encuentran en las mejores condiciones ambientales. Las superficies de suelo utilizadas para el cálculo y la emisión de partículas para el Distrito Federal se presentan a continuación:

Tabla 4.4.6 Superficie de erosión y emisiones en el Distrito Federal, 2000

Delegación	Superficie susceptible [ha]	Emisiones [ton/año]	
		PM ₁₀	PM ₂₅
Álvaro Obregón	979	1	0
Azcapotzalco	115	1	0
Cuajimalpa de Morelos	3,663	2	0
Gustavo A. Madero	1,253	8	2
Iztapalapa	771	1	0
Magdalena Contreras	1,001	1	0
Miguel Hidalgo	336	2	1
Milpa Alta	14,728	9	2
Tláhuac	4,358	3	1
Tlalpan	12,860	10	2
Venustiano Carranza	780	10	2
Xochimilco	8,094	5	1
Total Distrito Federal	48,938	53	11

Nota: valores de cero son emisiones menores a 0.5 toneladas

Los valores anteriores muestran que las demarcaciones que pueden considerarse como las principales fuentes de emisión de PM₁₀ son Venustiano Carranza y Tlalpan (10 toneladas anuales cada una), les siguen en orden de importancia Milpa Alta y Gustavo A. Madero (9 y 8 ton/año respectivamente), que en conjunto emiten más del 50% de las emisiones del Distrito Federal. Cabe mencionar, que aún cuando la superficie susceptible de emisión de Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza son considerablemente menores, su emisión es elevada debido a las condiciones climáticas de esa región, en particular la velocidad del viento en ésta región es mayor, aunado a esto, hay que considerar que son áreas con poca o nula cobertura vegetal.

Estado de México

A continuación se presentan las superficies susceptibles de erosión y la emisión de partículas para el Estado de México:

Tabla 4.4.7 Superficie de erosión y emisiones en el Estado de México, 2000

Municipio	Superficie susceptible [ha]	Emisiones [ton/año]	
		PM ₁₀	PM ₂₅
Acolman	8,078	87	18
Atenco	8,662	89	21
Atizapán de Zaragoza	2,891	35	9
Coacalco de Berriozabal	1,563	18	4
Cuautitlán	3,326	19	4
Cuautitlán Izcalli	6,506	58	13
Chalco	16,185	227	48
Chicoloapan	5,080	70	15
Chimalhuacán	1,593	26	6
Ecatepec	4,731	48	11
Huixquilucan	7,211	55	12
Ixtapaluca	12,241	179	38
La Paz	857	14	3
Naucalpan de Juárez	4,965	53	13
Nezahualcóyotl	1,113	14	4
Nicolás Romero	11,667	126	28
Tecámac	14,115	157	32
Texcoco	25,729	330	73
Tlalnepantla de Baz	1,729	20	5
Tultitlán	3,970	33	7
Valle de Chalco	2,459	25	5
Total Estado de México	144,671	1,683	369

Los municipios que contribuyen con las mayores emisiones son Texcoco y Chalco con 330 y 227 ton/año, respectivamente, lo cual equivale al 33 % de las emisiones totales de la ZMVM. Le siguen en importancia Ixtapaluca y Tecámac, los cuales aportan el 20 % del total.

En general, el comportamiento de las PM_{2.5} en la ZMVM, es similar al de las PM₁₀, esto debido a que es una fracción estimada de las partículas totales.

Las delegaciones y municipios que se encuentran en las regiones 1 y 2, son las que presentan las mayores emisiones, debido a que los vientos dominantes provienen de esa zona y por lo tanto la velocidad del mismo es mayor, así mismo, la precipitación en ésta región es menor. Con base en lo anterior, si se comparan superficies similares de las regiones, las áreas de la región 3 presentaran menores emisiones.

En la Zona Metropolitana del Valle de México, conforme al uso del suelo, existen cultivos perennes y de temporal, los terrenos de éstos últimos permanecen una parte del año sin vegetación, lo que arroja como resultado que dichas áreas sean fácilmente erosionables. La erosión genera la pérdida de la capa fértil de los suelos y reduce la capacidad de retención del agua, siendo un problema que requiere de atención, en especial en aquellas zonas que tienen actividades agrícolas importantes.

Es recomendable realizar programas que eviten la erosión de los suelos y contemplen la conservación de las áreas con cubierta vegetal, así como la continua reforestación, ya que éste es un elemento fundamental para el desarrollo de las diversas actividades productivas, es importante mencionar que las acciones preventivas tienen menores costos y que la recuperación de suelos requiere una gran inversión.

4.5 GASES DE EFECTO INVERNADERO GEI, (CO₂)

En las secciones anteriores, se evaluaron algunos de los gases considerados como de efecto invernadero (CO, NO_x, CH₄), a manera de complemento, a continuación se presenta un inventario de las emisiones de bióxido de carbono (CO₂) que se generan en la ZMVM, debido al consumo de combustibles fósiles, ligado a las actividades antropogénicas de esta metrópoli. 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" (Sheinbaum *et. al*, 2000), utilizando factores de emisión del IPCC¹. Adicionalmente se anexa la generación de CO₂, estimada con el modelo Landfill US-EPA correspondiente a la degradación de los residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios ubicados dentro del área de estudio. Ver Tabla 4.5.1.

Tabla 4.5.1 Emisiones de CO₂ por tipo de combustible y por sector

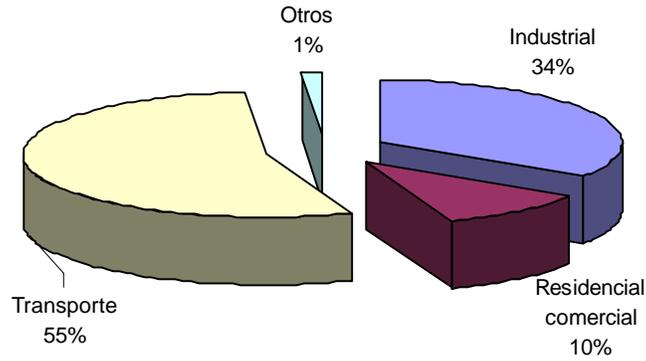
Tipo de combustible por sector	Emisiones de CO ₂	
	[ton/año]	[%]
Industrial	12,630,794	34
Gas natural	9,189,736	25
Gas LP	2,168,271	6
Gasoleo doméstico	849	N/S
Combustible industrial	368,546	1
Diesel industrial bajo azufre	903,398	2
Residencial/comercial	3,581,521	10
Gas natural	443,235	1
Gas LP	3,138,287	9
Transporte	20,137,586	55
Gasolina	15,404,627	42
Diesel	4,323,672	12
Gas LP	399,437	1
Gas natural	9,850	N/S
Otros	471,100	1
Rellenos sanitarios	471,100	1
Total	36,821,006	100

N/S No Significativo

Como las emisiones de CO₂, son directamente proporcional al consumo energético de cada combustible, en la tabla anterior, resaltan las emisiones asociadas con la gasolinas y el gas natural, debido a que estos combustibles representan el 39 y 31% respectivamente del consumo energético de la ZMVM. De la generación por sector, el transporte es el principal aportador, el cual contribuye con más del 50% de las emisiones de la ZMVM, seguido por el sector industrial con 34%, lo anterior puede observarse en la Gráfica 4.5.1.

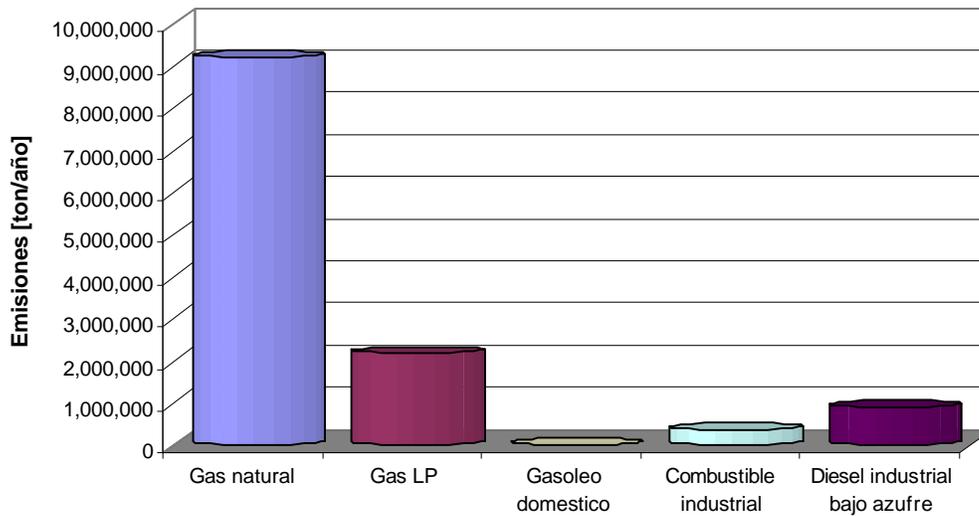
¹ Intergovernmental Panel on Climate Change

Gráfica 4.5.1 Distribución porcentual de las emisiones de CO₂ por sector



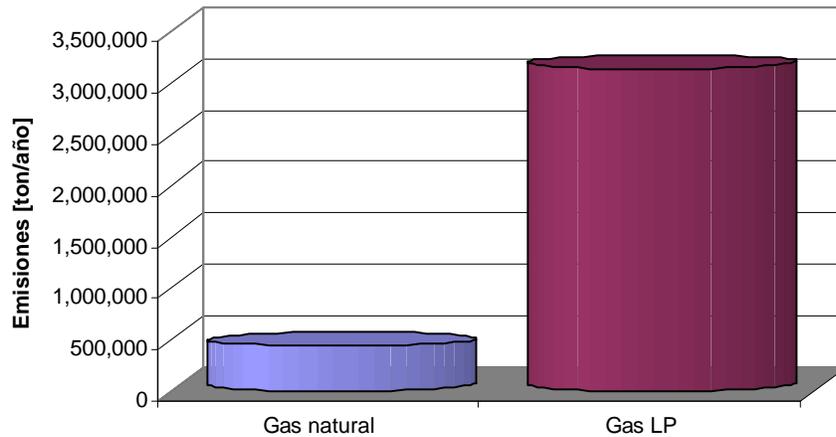
Dentro del sector industrial, la mayor contribución a las emisiones de CO₂ proviene del uso de gas natural (Gráfica 4.5.2).

Gráfica 4.5.2 Contribución CO₂ del sector industrial por tipo de combustible



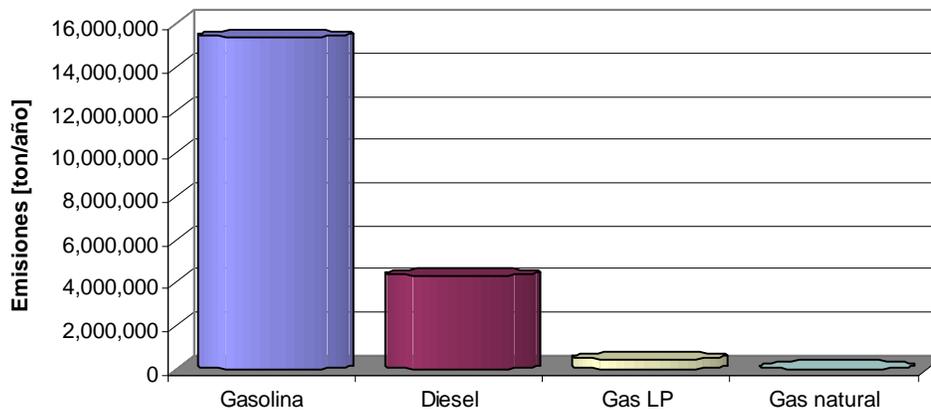
Dentro del sector residencial/comercial la mayor contribución a las emisiones de CO₂ proviene del uso de gas licuado de petróleo (Gráfica 4.5.3).

Gráfica 4.5.3 Contribución CO₂ del sector residencial / comercial por tipo de combustible



En el sector transporte (Gráfica 4.5.4), el uso de la gasolina genera la mayor emisión de CO₂ contribuyendo con el 45 % de los GEI totales generados por la combustión.

Gráfica 4.5.4 Contribución CO₂ del sector transporte por tipo de combustible



5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

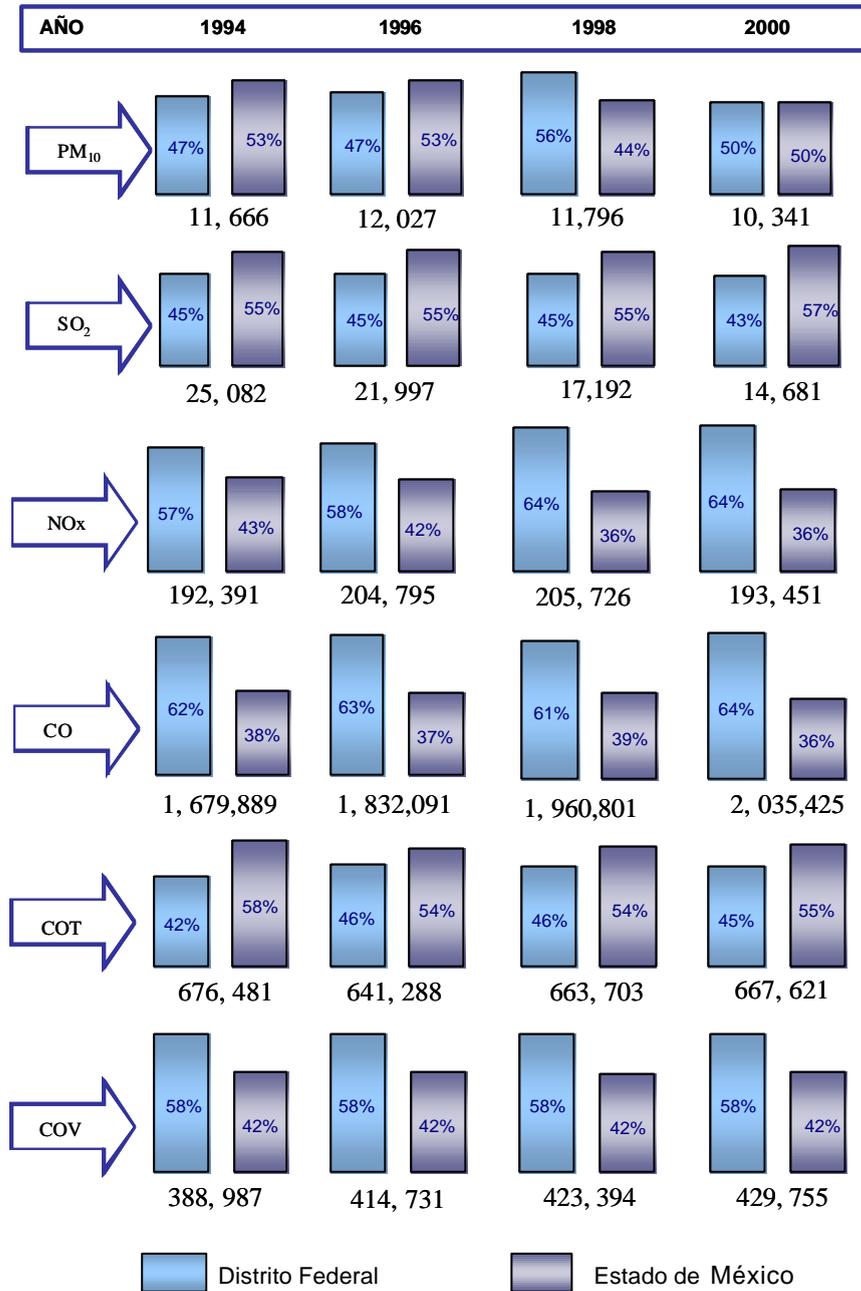
5.1 CONCLUSIONES

El presente inventario de emisiones 2000, como cualquier otro inventario que se elabora, tiene un cierto grado de incertidumbre, el cual depende de la calidad de la información con que se cuente, el tratamiento de ésta y el proceso metodológico del cálculo de las estimaciones. Basados en los comentarios anteriores, se hizo un esfuerzo para recabar la mejor información disponible y aplicar adecuadamente la metodología de cálculo. Además, se realizó un control de calidad en el manejo de cada dato, respaldando así cada cálculo. En forma interna en la Secretaría del Medio Ambiente se realizó un procedimiento de aseguramiento de calidad y finalmente el documento, junto con las memorias de cálculo fueron enviadas a la SEMARNAT, INE, CENICA, SE-GEM, IMP y al MIT, para que emitieran sus comentarios.

Es importante mencionar, que para calcular las emisiones del presente inventario, se tomó como base la metodología de los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, publicados por la Secretaría del Medio ambiente y Recursos Naturales, sin dejar de observar las distintas recomendaciones hechas por el Dr. Mario Molina Pasquel y el Eastern Research Group Inc.

Como resultado de la auditoria realizada al Inventario de Emisiones del año 1998, se tomaron las recomendaciones sugeridas para mejorar el cálculo de las emisiones correspondientes al año 2000, y para no perder comparabilidad con el recálculo realizado para los años de 1994 y 1996, así como con el propio inventario del año 1998, se hicieron los cambios correspondientes, a fin de ver la evolución que han tenido las emisiones desde 1994 hasta el año 2000, de lo cual podemos mencionar lo siguiente: los contaminantes que muestran una disminución son las partículas PM_{10} con un 11%, el SO_2 con un 41% y los COT con el 1%, registrándose un aumento del 21% en el CO, menos del 1% en los NO_x y 10% en los COV; para el caso del SO_2 y los COT, el Estado de México genera más del 50%, en lo que se refiere al CO, NO_x y los COV el Distrito Federal emite alrededor del 60% de cada contaminante y por último, las proporciones de PM_{10} variaron por entidad a través de los años. Observando lo anterior se puede concluir que el inventario es consistente con el de 1998 (ver Gráfica 5.1).

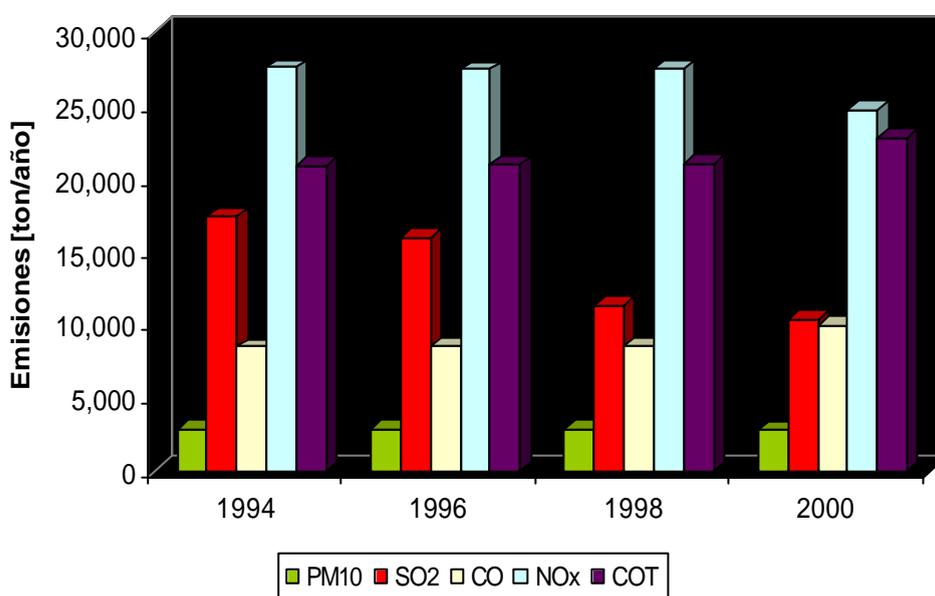
Gráfica 5.1 Análisis comparativo de las emisiones 1994-2000 [ton/año]



De acuerdo a los resultados obtenidos en el recálculo de emisiones para fuentes puntuales de 1994 al año 2000 las emisiones prácticamente se han comportado de manera homogénea para los contaminantes evaluados, esto se debe principalmente a la poca evolución en el proceso productivo por parte de la industria. Así, tenemos que para el año 2000, las emisiones de PM₁₀ han disminuido tan sólo un 1.2%, lo cual se atribuye a que aún cuando en algunos sectores de la industria se han instalado equipos de control de partículas, éstos son dirigidos al control de partículas suspendidas totales (PST); con respecto a las emisiones de SO₂, es el contaminante que más ha disminuido (41%), debido principalmente a la reducción del contenido de azufre en los combustibles líquidos utilizado en la ZMVM y al cambio gradual del uso de combustibles líquidos por combustibles gaseosos; las emisiones de monóxido de carbono (CO) se han incrementado en un 18% debido al

aumento de la demanda de combustibles y al mantenimiento inadecuado de los equipos de combustión, ya que este contaminante se genera principalmente por una combustión incompleta; respecto de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), podemos observar que existe una reducción aproximada al 10%, dato significativo si se toma en cuenta que este contaminante es precursor de ozono y nos indica que en algunos sectores, principalmente el de generación de energía eléctrica y el de productos alimenticios, se han realizado mejoras en los procesos de combustión y se han establecido equipos para controlar sus emisiones. Por otro lado, las emisiones de compuestos orgánicos COT y COV se han incrementado en más de un 9%, siendo este último, otro de los contaminantes precursores de ozono, cabe mencionar que no es un contaminante normado y por lo tanto son pocas las acciones encaminadas a su control dentro del sector industrial.

Gráfica 5.2 Comportamiento de las emisiones en fuentes puntuales

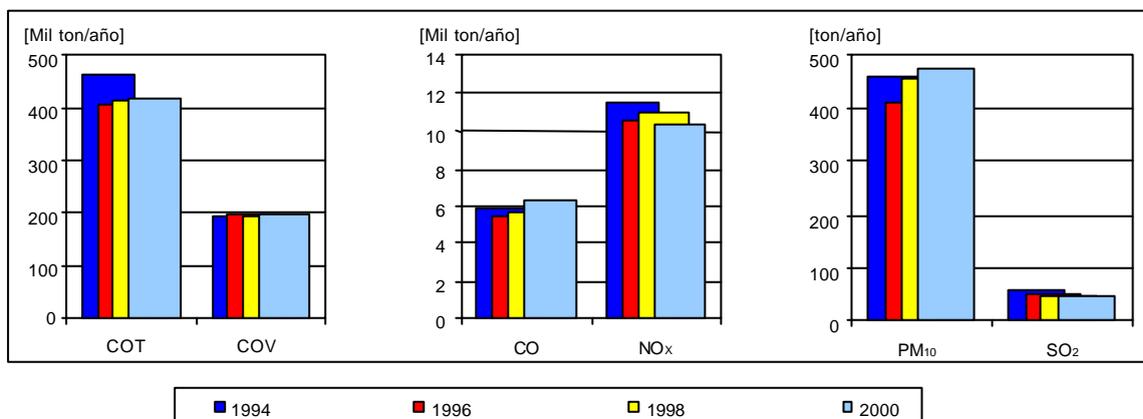


Los compuestos orgánicos totales son el principal contaminante en fuentes de área; las emisiones estimadas en el año 2000 con respecto al año de 1994, indican un decremento de 70,330 ton (17%) y un incremento normal de 24,500 ton (6%); por lo tanto, se ha presentado una reducción absoluta del orden del 11% (45,830 toneladas), ver Gráfica 5.3. Debido a que algunos *rellenos sanitarios* fueron clausurados a partir de 1992, su perfil de emisión muestra un descenso en la producción de COT de por lo menos el 24%, motivo por el cual las emisiones de CH₄ se redujeron al mismo nivel.

En *estaciones de servicio y terminales de almacenamiento masiva*, se han controlado o recuperado poco más de 14,000 toneladas de hidrocarburos de gasolina, debido a la instalación de sistemas de control de vapores. Por otra parte, las actividades que presentaron un incremento más significativo son: *distribución y almacenamiento de gas LP, fugas de gas LP y los hidrocarburos no quemados de gas LP*, los cuales, en conjunto, se elevaron un 15%, lo anterior se atribuye al incremento de instalaciones domésticas, otro sector que muestra un incremento son *las estaciones de servicio de gas LP para carburación*, ya que en 1994 no realizaban operaciones, por último tenemos que el *uso de solventes*, en conjunto creció en un 9% respecto al año de 1994.

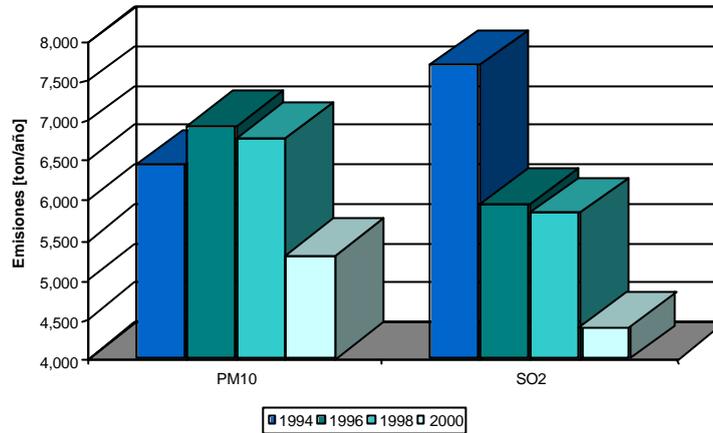
La operación de locomotoras foránea y de patio ha disminuido en el área de estudio, así mismo, la demanda de gas natural en los sectores residencial, industrial y comercial, lo anterior ocasionó que las emisiones de PM₁₀ solo se incrementaran en un 9% y el CO en un 14%, contrario a las emisiones de bióxido de azufre que presentan una disminución del 21% y las emisiones de NOx del 8%.

Gráfica 5.3 Perfil de emisiones de fuentes de área 1994-2000 en la ZMVM



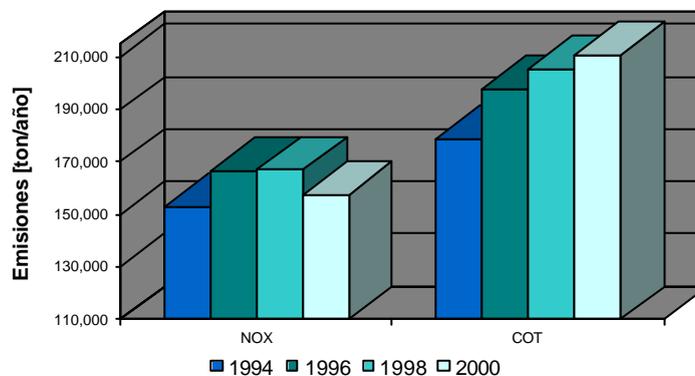
Al realizar un análisis de las emisiones de fuentes móviles en la ZMVM (Gráfica 5.4), tenemos en las emisiones de PM₁₀ tienen un ligero incremento de 1994 a 1996, para después disminuir de 1996 al 2000, debido a los ajustes que se realizaron en el 2000, los cuales repercutieron en una disminución de los vehículos a diesel; en el caso de las emisiones de SO₂ se tiene una disminución drástica de 1994 a 1996, con una pequeña disminución de 1996 a 1998 y otra disminución importante de 1998 al 2000, lo anterior se atribuye a la continua disminución del contenido de azufre en los combustibles líquidos y al aumento en el consumo de la gasolina Premium, la cual tiene el menor contenido de azufre.

Gráfica 5.4 Emisiones de PM₁₀ y SO₂ por fuentes móviles en la ZMVM



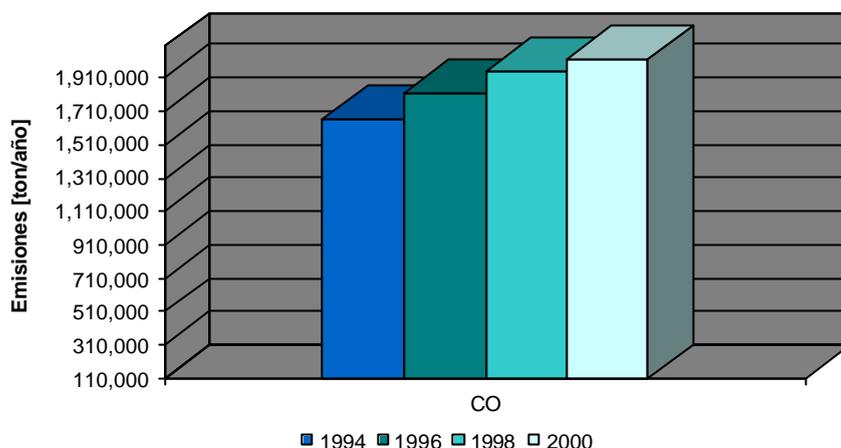
Para los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos totales, tenemos la Gráfica 5.5 donde podemos ver que los NO_x tienen un comportamiento a través de los años, similar al de las PM₁₀ principalmente por la influencia de los vehículos que utilizan diesel; en el caso de los COT las emisiones aumentan en forma progresiva desde 1994 hasta el 2000, debido a que este contaminante es generado principalmente por los vehículos a gasolina, los cuales se incrementan en forma constante a través de los años.

Gráfica 5.5 Emisiones de NO_x y COT por fuentes móviles en la ZMVM



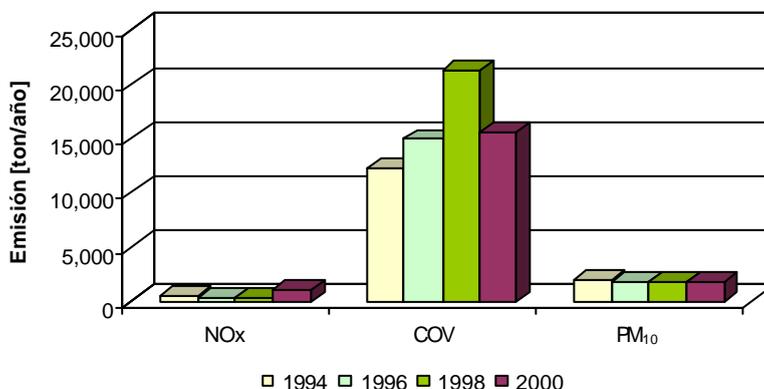
Dada la diferencia de magnitud de las emisiones de CO con respecto al resto de los contaminantes, se analiza en forma individual en la Gráfica 5.6, al igual que los COT, las emisiones del monóxido de carbono están fuertemente influenciadas por vehículos a gasolina los cuales aumentan cada año, cabe resaltar que en el caso de éstos vehículos la categoría que predomina es la de los autos particulares, los cuales aumentan en número cada año y a pesar de que los nuevos vehículos cuentan con un sistema más eficiente para el control de emisiones, sigue existiendo un 51% de vehículos sin sistema de control para este contaminante.

Gráfica 5.6 Emisiones de CO por fuentes móviles en la ZMVM



En lo que se refiere a las emisiones biogénicas y a las generadas por la erosión eólica, cabe mencionar que se obtuvieron de la cartografía digital más reciente de uso de suelo y vegetación, derivado de éstas, a las áreas expuestas al proceso de erosión eólica, así mismo, se obtuvieron datos más precisos del tipo de suelo; en general, las emisiones de PM_{10} se mantuvieron relativamente constantes a través de los años calculados, lo cual fue ocasionado por una pequeña variación del viento en la ZMVM, observándose una disminución del 9% de 1994 al año 2000; en las emisiones generadas por la vegetación, tenemos que los NO_x y los COV aumentaron en un 68% y un 26% respectivamente. Los compuestos orgánicos volátiles durante el año 1998 presentaron un incremento debido principalmente a las condiciones meteorológicas de ese año, en particular se puede mencionar que en la época seca se alcanzaron temperaturas de más de $30^\circ C$, y como ya se ha mencionado, la temperatura es la variable que rige la emisión de algunos COV. En lo que se refiere al comportamiento de los NO_x , se observa un incremento al año 2000, esto se atribuye a la actividad agrícola, así como a un mejor detalle de la información utilizada, localización y uso del suelo.

Gráfica 5.7 Emisiones naturales 1994-2000



5.2 RECOMENDACIONES

Para los usuarios del presente inventario que requieran conocer los datos de donde proviene cada una de las emisiones estimadas, se presenta el *anexo A*, documento que reporta la memoria de cálculo, registra la información utilizada, el cálculo realizado y las consideraciones que se hicieron para la obtención de cada cifra aquí reportada.

Es importante mencionar que aún se requiere de la realización de estudios para caracterizar los niveles de actividad, a fin de reducir la incertidumbre que puedan tener los datos aquí presentados. Así mismo, es necesario contar con el apoyo de recursos económicos y humanos para continuar con el proceso de obtención de factores de emisión locales, 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, así como incluir las emisiones de sectores faltantes, entre los que se pueden mencionar, los procesos de cocción de alimentos en taquerías, calles no pavimentadas y pavimentadas, manejo y aplicación de fertilizantes y plaguicidas.

Se deberán instrumentar nuevas medidas para incentivar al sector industrial en la entrega de la Cédula de Operación Anual (COA), ya que para este inventario sólo cumplieron con este requisito 2,152 establecimientos. Además es necesario aumentar el control de calidad de los datos que se entregan en la COA, debido a que en ocasiones contienen datos erróneos o simplemente no se reportan, incrementando así 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 una mayor superficie de las entidades involucradas y fortalecer la estimación horaria de las 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, entre los principales. Así mismo, una de las prioridades en la realización del inventario es el desarrollo de factores de emisión de termoeléctricas, vehículos a diesel y unidades viejas a gasolina.

Uno de los problemas ambientales más frecuentes en la ZMVM, es la generación de ozono fotoquímico, para que esto suceda es necesaria la combinación de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, de éstos últimos se generaron más de 429 mil toneladas, aproximadamente el 50% es producto de las fuentes de área, dicho lo anterior, es necesario realizar estudios 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.

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 uso comercial y doméstico de solventes, el cual genera más del 12% de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, para esto, se propone la realización de 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 la finalidad 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 y no menos importante, es la homologación de la metodología de cálculo de los contaminantes criterio, con la de gases de efecto invernadero, así como el desarrollo de una metodología propia para fortalecer la estimación de las emisiones de: HC por especie, partículas menores a 2.5 μm y amoniaco.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. ANAFAPYT A.C., 1997. Estadísticas de Pinturas y Recubrimientos 1996 México, DF.
2. Bazán Navarrete G. y Hadad C.G., 2000. Energía y Contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México.
3. Begon M, et al, 1995. Ecología, individuos poblaciones y comunidades. Omega.
4. Benjamin, M. T., Sudol, M., Bloch, L. Y Winer, A. M., 1996. Low -emmitting urban forest: a taxonomic methodology for assigning isoprene and monoterpene emission rates. Atmospheric Environment Vol. 30 No. 9.1437-1452 pp. Great Britain.
5. Birth, T. L. y Geron, C. D., 1995. User's guide to personal computer version of the Biogenic Emissions Inventory System (PC-BEIS), version 2.0. Computer Science Corporation, Research Triangle Park, NC 27709. Emissions Modeling Division, Air and Energy Engineering Research laboratory. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC 27711.
6. California Emission Inventory And Reporting System (CEIDARS), 2000. Particulate Matter (PM) Speciation Profiles. summary of overall size fractions and reference documentation.
7. CICOPLAFEST, 1998. Catalogo Oficial de Plaguicidas.
8. 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.
9. Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad, 1997. Estudio Integral de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México.
10. CONAPO, Septiembre 1998. Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1990-2010.
11. 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.
12. CORENADER, 2001. <http://www.sma.df.gob.mx> (Septiembre,2001)
13. D'arcangeli, R. V., 2000. Metodología para la estimación de emisiones contaminantes de la agricultura. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, DF. 108 pp.
14. Diccionario de Especialidades Agroquímicas, 2002. 12ª edición. Thomson-PLM.

15. 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.
16. EPA, 1994. AIR CHIEF 8.0. Pesticide Application. Final Report.
17. EPA, 1996. AIR CHIEF 8.0. Wildfires and Prescribed Burnings.
18. EPA, 1998. Emission Factor Documentation for AP-42. Section 9.2.1. Fertilizer Application.
19. ERG, 2002. Evaluation of 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of Valley of México.
20. EPA 454/C-00-003, Diciembre 2000. Emission Factors and inventory Group EMAD/OAQPS Versión 8.0, 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.
21. EPA 454/C-00-003, Diciembre 2000. Emission Factors and inventory Group EMAD/OAQPS Versión 8.0, Source Classification Codes de octubre del 2000.
22. EPA 454/C-00-003, Diciembre 2000. Emission Factors and inventory Group EMAD/OAQPS Versión 8.0, FIRE emission factors.
23. EPA 454/C-00-003, Diciembre 2000. Emission Factors and inventory Group EMAD/OAQPS Versión 8.0, Especiate 3.1.
24. EPA 454/C-00-003, Diciembre 2000. Emission Factors and inventory Group EMAD/OAQPS Versión 8.0, Development and selection of ammonia emission factors Sec. 5: Ammonia emissions from combustión.
25. Fehsenfeld F., J. Calvert, R. Fall, P. Goldan, A. Guenther, C. N. Hewitt, B. Lamb, S. Liu, M. Trainer, H. Westberg y P. Zimmerman, 1992. Emissions of volatile organic compounds from vegetation and the applications for atmospheric chemistry. Global Biogeochemical Cycles. 6, 4, 389-430 pp.
26. GDF-SMA-CORENADER, 2001. Programa Integral de Prevención y Combate a Incendios Forestales del Distrito Federal 2000-2001. 27 p.p.
27. GDF-SMA-UNIVERSIDAD DE CHAPINGO, 2000. Bases para el Manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México. Diagnóstico y Evaluación de Riesgo de la Erosión Eólica en la Cuenca del Valle de México y Áreas Adyacentes. 109 pp.
28. Gerardo Álvarez Sánchez y Rodrigo Perrusquía Máximo, 1998. Discusión del Modelo Computacional MOBILE 5^a.3 para la Determinación de Factores de Emisión de Contaminantes Emitidos por Vehículos Automotores en la ZMCM. ESIQIE, IPN.

29. IMP; 1998. Investigación sobre material particulado y deterioro atmosférico - Inventario de amoniaco para la ZMCM revisión de diciembre de 1998. Subdirección de Protección ambiental, Gerencia de Ciencias del Ambiente. 24 p.p.
30. INE, 1982. Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas.
31. INEGI, 1984, 1992, 1994, 1996 y 2000. Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares.
32. INEGI, 1986. Carta topográfica 1:250,000 Ciudad de México E14-2.
33. INEGI, 1995. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos.
34. INEGI, 1997. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos, Censos Económicos 1994.
35. INEGI, 2000. XII Censo de Población y Vivienda.
36. INEGI, 2001. Cuaderno Estadístico de la Ciudad de México, 247 p.p.
37. INEGI, 2001. Tabulados Básicos de los Estados Unidos Mexicanos, XII Censo general de Población y Vivienda 2000.
38. INEGI, 2002. Anuario Estadístico por Entidad Federativa.
39. Lamb, B., Westberg, H., Allwine, G., Quales, T., 1985. Biogenic hydrocarbons emissions from deciduous and coniferous trees in the United States. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 90, No. D1. February 20. 2380-2390 pp.
40. 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.
41. Madrigal, S. X. 1980. Instructivo para el estudio Fitoecológico del eje Neovolcánico. INIF.
42. NOAA Aeronomy Laboratory, 2000. Atmospheric Ammonia: Sources and Fate: A Review of Ongoing Federal Research and Future Needs. Committee on the Environment and Natural Resources-Air Quality Research Subcommittee. 19 p.p.
43. OCDE, 1995. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Vol. 3. IPCC.
44. Orea, C. M., 1999. "Caracterización Ambiental de las Areas de Emisión Edafológica de PM₁₀ en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México". Tesis de -Maestría, Instituto Politécnico Nacional, México. 129 p. p.

45. Pesticide Information Profiles (PIPs). EXTTOXNET. University of California-Davis, Oregon State University, Michigan State University, Cornell University, and the University of Idaho. <http://ace.ace.orst.edu/info/exttoxnet/pips/ghindex.html> (Agosto, 2002).
46. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000. 1996 Departamento del Distrito Federal; Gobierno del Estado de México; Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca; Secretaría de Salud.
47. R. Battye, W Battye, C. Overcash y S. Fudge, 1994. Development and selection of ammonia emission factors. Durham, North Carolina.
48. Radian International, 1997. Manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México. Vol. V. Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área. Sacramento CA.
49. Radian International, 1998. Aguascalientes Vehicle Emissions Measurement Study.
50. Right to Know Program. Right to Know Hazardous Substance Fact Sheets. New Jersey of Health. Division of Epidemiology, Environmental and Occupational Health. <http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/rtkhsfs.htm> (Agosto, 2002)
51. Ruíz 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. DF y Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México.
52. Robert Perry, Manual del Ingeniero Químico. Vol. I, 2ª Ed. en español. Tabla 3-2, 3-37 p.p.
53. SAGARPA, 2002. CICOPLAFEST. <http://www.sagarpa.gob.mx/Cicoplafest/consumo.html> (Octubre, 2002)
54. SAGARPA-DF, 2000. Centro de Estadística Agropecuaria. Datos de población ganadera por delegación del Distrito Federal.
55. SAGARPA-DF, 2000. Datos de superficie sembrada por delegación, cultivo y ciclo agrícola. Centro de Estadística Agropecuaria.
56. SEDUE, 1987. Políticas y Estrategias de Abatimiento y Control de la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
57. SEDUE, 1988. Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos Municipales e Industriales, Subsecretaría de Ecología México,.
58. Secretaría de Energía, 1999. Balance Nacional de Energía 1998. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.

59. Secretaría de Energía, 1999. Balance Nacional de Energía 1998. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
60. Secretaría de Energía, 2000. Balance Nacional de Energía 1999. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
61. Secretaría de Energía, 2000. Prospectivas del Mercado de Gas LP 2000-2009. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
62. Secretaría de Energía, 2000. Prospectivas del Mercado de Gas Natural 2000-2009. Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
63. Secretaría de Energía, 2002. Prospectivas de Mercado de Gas Licuado del Petróleo 2002-2011.
64. Secretaría de Energía, 2002. Prospectivas del Sector Eléctrico 2002-2011.
65. Secretaría de Energía, 2000. El sector Energía en México Análisis y Prospectivas, Dirección General de Política y Desarrollo de Energéticos, México.
66. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 1998. Inventario de Emisiones a la Atmósfera en la Zona Metropolitana del Valle de México, 1996 107pp.
67. 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.
68. SEMARNAP-INE, 1993. NOM-PA-CCAT-019/93
69. SEMARNAP-INE, 1994. Norma Oficial Mexicana-085-ECOL-1994
70. SEMARNAP-INE, 1995. Fundamentos de inventarios de emisiones. Volumen III
71. SEMARNAP-INE, 1995. Programa de inventario de emisiones para México Manuales y Reportes. Volumen II.
72. 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.
73. SEMARNAP-INE, 2000. Segundo Informe Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes 1998-1999. México, D.F. 123 p.p.

74. SEMARNAT, 2000. [http://www.semarnat.gob.mx / incendios/](http://www.semarnat.gob.mx/incendios/). INIFAP.- folleto informativo núm. 1,1996.
75. SEMARNAT, 2000. Imagen de satélite LANDSAT TM. 5 Bandas, resolución de 30 m.
76. SEMARNAT, 2000. Inventario Nacional Forestal 2000. Cartografía digital, escala 1:250,000.
77. SEMARNAT, 1999. Subsecretaría de Recursos Naturales, 1999. INEGI, "Superficies continental e insular del territorio nacional, inédito, México." http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_ambientales/estadisticas_am_98/suelos/suelos04.shtml (Diciembre 2002).
78. SEMARNAT, 2001. Información de Incendios Forestales de los Municipios conurbados, Delegación Estado de México. Subdelegación de Recursos Naturales
79. SETRAVI, 2000. Traza Urbana. Cartografía digital, escala 1:50,000.
80. Sheinbaum, Pardo C., Ozawa L., Vázquez O., Robles G., 2000. 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. GEF.
81. 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.
82. SSA-COANDIC-Instituto de Psiquiatría, 2000. Encuesta Nacional de Adicciones 1998.
83. 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.
84. Thompson G. Pace, 2002. Development of Emissions Inventory Methods for Wildland Fire. Final Report. February 2002. US EPA. Research Triangle Park. N. C. 27711. 82 p.p.
85. 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.
86. U. S. Environmental Protection Agency, 1996. Wildfires and Prescribed Burning. Air Chief Emission Factors and Inventory Group. Versión 6.0. 13.1-1 - 13.1-14 pp.
87. U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Office of Environment and Energy. FAA Aircraft Engine Emissions Database (FAEED) Version 2.1.

88. U.S. Environmental Protection Agency, 1990. Background Document For the Surface Impoundment Modeling System (SIMS) Version 2.0. Radian corporation, Research Triangle Park.
89. U.S. Environmental Protection Agency, 1996. Landfill Emissions Estimation Model (LANDFILL), Office of Research and Development, Washington.
90. 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 Planing and Standards.
91. 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.
92. U.S. Environmental Protection Agency, May 1994. User's Guide to Mobile5.
93. 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.
94. 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.
95. 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.
96. 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.
97. USDA-ARS, 2002. Ammonia and Ammonium Emissions.
<http://www.nps.ars.usda.gov/programs/programs.htm?npnumber=203&docid=320> (Mayo,2002)
98. Wark, K. y Warner C. F., 1994. Contaminación del aire. Origen y control. Universidad de Purdue. Ed. Limusa. México, DF. 650 p.
99. Watson y Chow, 2000. Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source Contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research. Desert Research Institute. Energy and Environmental Engineering Center. Reno, NV.

- 100. www.colorin.com/pintureria, (julio 2001).
- 101. www.pinturasevery.com.co, (julio 2001).
- 102. www.quidelta.com, (julio 2001).

A. ANEXO

MEMORIAS DE CÁLCULO

FUENTES PUNTUALES

FUENTES DE ÁREA

FUENTES MÓVILES

FUENTES NATURALES

A.1 MEMORIA DE CÁLCULO DE FUENTES PUNTUALES

El inventario de emisiones para fuentes puntuales en la ZMVM año 2000, está integrado por las emisiones de 4,668 industrias, de las cuales tenemos que 2,709 se encuentran en el Distrito Federal y 1,959 en el Estado de México. Para fines de cálculo, se utilizaron los datos que proporciona el industrial en la cédula de operación anual (COA). Se calcularon las emisiones de 2,110 industrias con información del año 2000, 239 industrias con información del año 1998 y 2,319 industrias con datos históricos (1994 a 1997).

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
- Cálculo de emisiones
- Análisis de resultados

Como parte de las mejoras en la realización del inventario de emisiones del año 2000 se modificaron las siguientes variables:

- Establecer factores de emisión por combustión y proceso.
- Actualización de las características de los combustibles y solventes.
- Asignación de la clave CMAP (Clasificación Mexicana de Actividades y Productos, censos económicos 1994 INEGI febrero de 1997).
- Consideraciones para el cálculo de las emisiones por combustión y por proceso.

A.1.1 Factores de emisión por combustión

Se utilizaron los siguientes factores de emisión para cada tipo de combustible considerando la capacidad de los equipos, además de los equipos de control reportados, como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla A.1.1 Factores de emisión para combustión de gas natural

Contaminante	Control	Caldera industrial >3,000 c.c. [kg/10 ⁶ m ³]	Caldera comerc/inst. <3000 c.c. [kg/10 ⁶ m ³]	Horno Residencial <10 c.c. [kg/10 ⁶ m ³]
PM ₁₀	S/control	121.6	121.6	182.8
PM _{2.5}	S/control	121.6	121.6	182.8
SO ₂ *	S/control	9.6	9.6	9.6
CO	S/control	1344	1344	640
NOx	S/control	3760	1600	1504
	QBN*	2240	800	
	RG**	1600	512	
COT	Sin control	176	176	180
COTNM	Sin control	139.2	139.2	118.8
NH ₃	Sin control	51	7.8	7.8
CH ₄	Sin control	36.8	36.8	
COV	Sin control	88	88	

* Quemador bajo NOx

** Recirculación de gases

Tabla A.1.2 Factores de emisión para combustión de gas L.P.

Contaminante	Caldera > 3000 C.C.		Caldera < 3000 C.C.	
	Butano [kg/m ³]	Propano [kg/m ³]	Butano [kg/m ³]	Propano [kg/m ³]
PM ₁₀	0.072	0.072	0.06	0.048
SO ₂	0.0108S ^a	0.012S ^a	0.0108S ^a	0.012S ^a
CO	0.432	0.384	0.252	0.228
NOx	2.52	2.28	1.8	1.68
COT	0.72	0.06	0.072	0.06
CH ₄	0.0240	0.0240	0.0240	0.0240

^aS = 0.009 g/m³

Proporción de gases en el gas L.P.: Butano: 40, Propano: 60; Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Tabla A.1.3 Factores de emisión para combustión de diesel

Contaminante	Control	Caldera >3,000 C.C. [kg/m ³]	Caldera <3000 C.C. [kg/m ³]
PM ₀	S/control	--	0.12
PM ₅	S/control	0.03	0.03
SO ₂	S/control	17.04S*	17.04S*
CO	S/control	0.6	0.6
NOx	S/control	2.88	2.4
	QBN/RG	1.2	1.2
COT	S/control	0.1248	0.03024
COTNM	S/control	0.0912	0.024
NH ₃	S/control	0.096	0.096
CH ₄	S/control	0.0336	0.00624

S = % azufre = 0.04

Tabla A.1.4 Factores de emisión para combustión de gasóleo

Contaminante	Caldera >3000 C.C. [kg/m ³]	Caldera >3000 C.C. [kg/m ³]
PM _{2.5}	0.43344	0.43344
PM ₁₀	0.59472	0.59472
SO ₂	18S*	18S*
CO	0.6	0.6
NOx	5.64	5.64
CH ₄	0.0336	0.0336
COT	0.1248	0.1248
COTNM	0.0912	0.0912
NH ₃	0.096	0.096

S = % azufre = 0.08

Tabla A.1.5 Factores de emisión para combustión de combustóleo

Contaminante	Caldera > 3000 C.C.		Caldera < 3000 C.C.	
	COP [kg/m ³]	COL [kg/m ³]	COP [kg/m ³]	COL [kg/m ³]
PM ₁₀	0.7929(S)+0.2919	0.8496	0.96365(S)+0.31835	1.03248
SO ₂	18.84S*	18.84S*	18.84S*	18.84S*
CO	0.6	0.6	0.6	0.6
NOx	5.64	5.64	6.6	6.6
COT	0.1248	0.1248	0.1536	0.1536
COTNM	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
CH ₄	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
NH ₃	0.096	0.096	0.096	0.096

COP: Combustóleo pesado. S = % azufre = 3.6, NOM-086-Ecol-1994

COL: Combustóleo ligero. S = % azufre = 1.49, NOM-086-Ecol-1994

*S es el contenido de azufre en el combustible líquido consumido en la ZMVM.

Fuente: PEMEX subdirección comercial, Fax de 19 de Septiembre de 2001 PXR-SC-ASC 104/01

Los factores de emisión para los combustibles reportados fueron obtenidos del AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (US EPA, 1999).

A.1.2 Factores de emisión para proceso

Para el cálculo de las emisiones generadas por el proceso productivo se actualizaron los factores de emisión utilizados, de acuerdo con el Source Code Clasification (SCC^a) de la EPA. Los factores tomados son factores sin control, ya que en la cédula de operación anual el industrial proporciona información de los equipos de control que utiliza así como la eficiencia de dichos equipos de control.

Para realizar las conversiones de los factores de emisión se realizaron las siguientes actividades:

- a) Se seleccionó de la base de datos FIRE 6.23 los procesos que fueron reportados en las COAS 2000.
- b) Se Localizó el código SCC que representa el proceso o actividad productiva.
- c) Se identificaron las unidades de los factores en el FIRE 6.23 para hacer las conversiones del sistema ingles al sistema métrico^b.

Los factores de emisión representan las cantidades de contaminantes emitidos por cada actividad del proceso. En las siguientes tablas se presentan los factores de emisión utilizados en el inventario de emisiones.

Tabla A.1.6 Factores de emisión para la Industria alimenticia, bebidas y tabaco

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
Tostado de café						
3-02-002-01	Tostador de flama directa	0.55	0.20	0.05	1.30	Toneladas de granos verdes
3-02-002-02	Tostador de flama indirecta	0.30	0.20	0.05	1.30	Toneladas de granos verdes
3-02-002-03	Enfriador de grano	0.10	-	-	-	Toneladas de granos verdes
Molido de trigo						
		PM ₁₀				
3-01-007-31	Recibo de grano				0.03	Toneladas de grano recibido
3-01-007-32	Prelimpieza de manejo				0.02	Toneladas de grano recibido
3-01-007-34	Molino				21.35	Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido en seco						
3-01-007-41	Recibo de grano				0.03	Toneladas de grano recibido
3-01-007-42	Secado de grano				0.34	Toneladas de grano recibido
3-01-007-43	Prelimpieza/manejo				0.02	Toneladas de grano recibido
3-01-007-44	Limpieza				1.85	Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido húmedo						
3-01-007-51	Recibo de grano				0.08	Toneladas de grano recibido
3-01-007-52	Manejo de grano				0.38	Toneladas de grano recibido
3-01-007-53	Limpieza de grano				1.85	Toneladas de grano recibido
3-01-007-54	Secador				0.13	Toneladas de grano recibido
Avena / Molino						
3-01-007-60	Molido				0.75	Toneladas de grano recibido
Arroz / Molino						
3-01-007-70	Recibo de grano				0.05	Toneladas de grano recibido
3-01-007-72	Prelimpieza/manejo				0.38	Toneladas de grano recibido
3-01-007-73	Secado				0.01	Toneladas de grano recibido
Manufactura de alimentos						
3-01-008-04	Manejo				0.23	Toneladas de grano recibido
3-01-008-05	Molido				0.03	Toneladas de grano recibido
3-01-008-06	Enfriador de polvos				0.05	Toneladas de grano recibido

^a SCC source clasification code 2000.

^b Appendix A miscellaneous data and conversions factor 9/85 (reformatted 1/95) appendix A-1

Inventario de Emisiones 2000

..... Continuación tabla A.1.6.

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad					Unidad
		PM ₁₀	PM _{2.5}	COV			
Producción de cerveza		PM ₁₀	PM _{2.5}	COV			
3-02-009-01	Manejo de grano	0.02	-	-			Toneladas de grano procesado
3-02-009-02	Secado de grano agotado	0.15	0.05	0.33			Toneladas de grano procesado
3-02-009-04	Secado de malta	0.01	-	-			Toneladas de grano seco
Fermentación de whisky		PM ₁₀		COV			
3-02-010-01	Manejo de grano		0.23	-			Toneladas de grano procesado
3-02-010-02	Secado de grano		1.5	1.3			Toneladas de grano procesado
3-02-010-03	Envejecimiento		-	4.54			1000 litros producidos
3-02-010-04	Tanque de fermentación		-	0.36			1000 litros producidos
Vinos, brandys y alcohol				COV			
3-02-011-04				0.36			1000 litros producidos
3-02-011-05				0.82			1000 litros producidos
3-02-011-06				2.09			1000 litros producidos
Procesamiento de pescado		PM ₁₀		COV			
3-02-012-01	Cocido: Desecho de pescado fresco		-	0.02			Toneladas de pescado producidas
3-02-012-02	Cocido: Desecho de pescado no fresco		-	1.59			Toneladas de pescado producidas
3-02-012-04	Cocido para conserva		-	0.75			Toneladas de pescado procesadas
3-02-012-05	Secador de tubo		0.48	1.75			Toneladas de padecería de pescado
3-02-012-06	Secador a fuego directo		0.76	3.25			Toneladas de padecería de pescado
Carne ahumada		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	CO	
3-02-013-01	Operaciones combinadas	0.14	0.05	0.35	0.04	0.30	Toneladas de carne ahumada
Procesamiento de cacahuates				NO _x			
3-02-017-99	Otros no clasificados				0.03		Toneladas procesadas
Procesamiento de aceite vegetal				COV			
3-02-019-06	General: Aceite de maíz				8.49		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-07	General: Aceite de semilla de algodón				7.95		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-09	General: Aceite de cacahuete				9.40		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-16	Extracción de aceite				7.61		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-17	Preparación de harina				0.50		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-18	Refinación de aceite				0.21		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-19	Pérdidas fugitivas				0.85		Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-20	Almacenamiento de solventes				0.08		Toneladas de semilla procesada
Panaderías				COV			
3-02-032-01	Cocido de pan: proceso de esponjamiento				6.51		Toneladas de pan horneadas
3-02-032-02	Cocido de pan: proceso de amasado				0.50		Toneladas de pan horneadas
Proceso de tabaco			SO ₂		COV		
3-02-032-99	Otros no clasificados		0.24		0.17		Toneladas de producto
Elaboración de pan en aceite		PM ₁₀		COV			
3-02-036-01	Cocido en recipiente: general		0.073	0.01			Toneladas procesadas
Cereal			PM ₁₀				
3-02-040-01	Secado			0.30			Toneladas secadas

Tabla A.1.7 Factores de emisión para la industria textil

SCC	Nombre del proceso	Kg/unidad	Unidad
Operaciones de fabricación generales misceláneos		COV	
3-30-001-02	Pintado	129.94	Toneladas de material procesadas
3-30-001-04	Tiendas de campaña: calentamiento	0.21	Toneladas de material procesadas
Impregnación de hule/caucho		COV	
3-30-002-11	Impregnación	60.06	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-12	Recubrimiento húmedo	544.80	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-13	Recubrimiento fluido caliente	60.06	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-14	Mezcla de recubrimiento húmedo	54.48	Toneladas de recubrimiento mezclado
Cuero y productos del cuero		COV	
3-20-999-98	Otros no clasificados	2.28	Litros de material procesado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento de telas		COV	
4-02-011-01	Operaciones de revestimiento	726.40	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-011-02	Mezclado de revestimiento	90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-011-05	Limpieza del equipo	90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Impresión en telas		COV	
4-02-011-11	Impresión en telas por rodillo	128.94	Toneladas de tela
4-02-011-12	Impresión en telas por rodillo (2)	126,212.00	Líneas de impresión
4-02-011-13	Impresión en telas por pantalla rotatoria	20.88	Toneladas de tela
4-02-011-14	Impresión en telas por pantalla rotatoria (2)	28,148.00	Líneas de impresión
4-02-011-15	Impresión en telas por pantalla plana	71.73	Toneladas de tela
4-02-011-16	Impresión en telas por pantalla plana (2)	28,148.00	Líneas de impresión
4-02-011-99	Otros no clasificados	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Teñido de telas		COV	
4-02-012-01	Toneladas de tinte: general	98.10	Toneladas de tinte consumidos

**Tabla A.1.8. Factores de emisión para la industria de la Madera y productos de madera.
Incluye muebles**

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
Operaciones de triplay/aglomerados						
3-07-007-03	Secado aglomerado	0.16	-	-	-	Toneladas procesadas
3-07-007-04	Secado de porta tabla	-	0.78	5.18	18.57	Toneladas secos madera pegada/emparejada
3-07-007-05	Tabla roca: secador	-	0.00	0.14	0.50	Toneladas de producto seco
3-07-007-06	Tabla roca: presecador	-	-	0.03	0.50	Toneladas de producto seco
3-07-007-07	Tabla roca: presurización	-	-	-	0.73	Toneladas de producto seco
3-07-007-09	Tabla roca: estufa de secado	-	-	0.05	-	Toneladas de producto seco
Operaciones de aserrado		PM₁₀				
3-07-008-01	General: Descortezamiento				0.005	Toneladas de leña procesada
3-07-008-02	General: Aserrado de leños				0.09	Toneladas de leña procesada
3-07-008-03	General: Manejo de pila de polvo de aserrado				0.16	Toneladas de polvo de aserrín
Operaciones varias de trabajo de madera		PM₁₀				
3-07-030-01	Venteo de tolva de almacenamiento de desecho de madera				0.26	Toneladas de desecho de madera
3-07-030-02	Llenado externo de tolva de almacenamiento de desecho de madera				0.54	Toneladas de desecho de madera
Operaciones de recubrimiento de superficies						
SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
Recubrimiento de superficies de muebles de madera		COV				
4-02-019-01	Operación de recubrimiento (c, COV)				726.40	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-03	Mezcla de recubrimiento				90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-99	Otros no clasificados				908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.9 Factores de emisión para la Industria del papel y productos del papel, imprentas y editoriales

Operaciones de recubrimientos superficiales					
SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad			Unidad
Recubrimiento de papel		COV			
4-02-013-01	Operación de recubrimiento	635.60			Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-013-03	Mezclado del recubrimiento	136.20			Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-013-05	Limpieza del equipo	136.20			Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-013-99	Otras no clasificadas	908.00			Toneladas de solvente en el recubrimiento
Impresión/publicidad. Proceso de impresión					
Secadores		SO₂	NO_x	COV	
4-05-001-01	Secador: General	75.07	16.02	908.00	Toneladas de solvente en la tinta
Impresión		COV			
4-05-002-01	Impresión Tipográfica 2751	108.05			Toneladas de tinta
4-05-002-11	Impresión Tipográfica 2751	544.80			Toneladas de solvente en tinta
4-05-002-12	Impresión Tipográfica 2751	0.18			Litros de tinta
4-05-003-01	Flexográfica 2751	322.79			Toneladas de tinta
4-05-003-11	Flexográfica 2751	867.14			Toneladas de solvente en tinta
4-05-003-12	Flexográfica 2751	0.53			Litros de tinta
4-05-003-14	Flexográfica Limpieza con Alcohol Propílico	908.00			Toneladas de solvente consumido
4-05-004-01	Litográfica 2752	89.89			Toneladas de tinta
4-05-004-11	Litográfica 2752	454.00			Toneladas de solvente en tinta
4-05-004-12	Litográfica 2752	0.15			Litros de tinta
4-05-005-01	Fotograbado 2754	322.79			Toneladas de tinta
4-05-005-11	Fotograbado 2754	867.14			Toneladas de solvente en tinta
4-05-005-12	Fotograbado 2754	0.53			Litros de tinta base agua.
4-05-005-13	Fotograbado 2754	1.49			Litros de tinta base solvente.
4-05-006-01	Mezclado de tintas	908.00			Toneladas solvente en tinta
4-05-007-01	Almacenaje de solventes	908.00			Toneladas solvente almacenado
Solventes adelgazantes de la tinta		COV			
4-05-002-02	Keroseno	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-002-03	Espíritus Minerales	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-003-02	Carbitol	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-003-03	Celosolve	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-003-04	Alcohol Etilico	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-003-05	Alcohol Isopropilico	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-003-06	Alcohol N-Propilico	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-003-07	Nafta	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-005-02	Dimetil-formamida	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-005-03	Acetato de Etilo	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-005-06	Metil, Etil Cetona	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-005-07	Metil, Isobutil Cetona	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-005-10	Tolueno	908.00			Toneladas solvente añadido
4-05-005-99	Otros no clasificados	908.00			Ton de solvente añadido

Tabla A.1.10 Factores de emisión de la Industria química, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad		Unidad
Manufactura química				
Limpiadores químicos		PM₁₀	COV	
3-01-009-01	Secado por aspersión: Jabones y detergentes	30.03	0.03	Toneladas producidas
3-01-009-02	Limpiadores especiales	-	750.74	Toneladas producidas
Fabricación de pinturas		PM₁₀	COV	
3-01-014-01	Mezcla y manejo general	2.35	15.01	Toneladas de pintura producida
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	8.51	-	Toneladas de pigmento procesado
Fabricación de barnices		COV		
3-01-015-01	Adecuación de aceite		20.02	Toneladas producidas
3-01-015-02	Oleo resinas		75.07	Toneladas producidas
3-01-015-03	Alquidalicas		80.08	Toneladas producidas
3-01-015-05	Acrílicas		10.01	Toneladas producidas
Manufacturas de tintas de impresión		PM₁₀	COV	
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	-	60.06	Toneladas de material producido
3-01-020-02	Vehículo de cocimiento: Aceites	-	20.02	Toneladas de material producido
3-01-020-03	Vehículo de cocimiento: Olefinas	-	75.07	Toneladas de material producido
3-01-020-04	Vehículo de cocimiento: Alkidalicos	-	80.08	Toneladas de material producido
3-01-020-05	Mezcla de pigmentos	0.85	3.10	Toneladas de pigmento producido
Preparaciones farmacéuticas		COV		
3-01-060-01	Secadores de vacío		0.21	100 kg de producto
3-01-060-02	Reactores		0.00	100 kg de producto
3-01-060-03	Unidades de destilación		5.36	100 kg de producto
3-01-060-04	Filtros		0.04	100 kg de producto
3-01-060-05	Extractores		0.003	100 kg de producto
3-01-060-06	Centrifugas		0.003	100 kg de producto
3-01-060-07	Cristalizadores		0.003	100 kg de producto
3-01-060-08	Sistemas de escape		0.003	100 kg de producto
3-01-060-09	Secadores de aire		0.77	100 kg de producto
3-01-060-10	Transporte / almacenamiento		0.03	100 kg de producto
3-01-060-11	Procesos de recubrimiento		100.10	Toneladas de solvente en recubrimiento
3-01-060-12	Procesos de granulación		100.10	Toneladas de solvente consumido
Hule y productos plásticos misceláneos. Grupos principales				
Manufactura de llantas		COV		
3-08-001-01	Encementado de cara lateral y área de huella		104.19	1000 unidades producidas
3-08-001-02	Vulcanizado por inmersión		6.04	1000 unidades producidas
3-08-001-03	Vulcanizado de cuerdas		8.31	1000 unidades producidas
3-08-001-04	Construcción de llanta		32.96	1000 unidades producidas
3-08-001-05	Encementado de área de huella		15.07	1000 unidades producidas
3-08-001-06	Atomización llanta (green tire spraying)		137.02	1000 unidades producidas
3-08-001-07	Curado de llanta		2.00	1000 unidades producidas
3-08-001-08	Mezclado de solventes		4.90	Toneladas de solvente
3-08-001-20	Encementado de área de huella y cara lateral		817.20	Toneladas de solvente usado
3-08-001-21	Encementado de huella y acabado final		817.20	Toneladas de solvente usado
3-08-001-22	Vulcanizado final		817.20	Toneladas de solvente usado
3-08-001-23	Secado final de llanta		835.36	Toneladas de solvente usado
Reencauchado		COV		
3-08-005-01	Máquinas de raspado de cuero		272.40	1000 unidades procesadas

Memorias de Cálculo Fuentes Puntuales

Fabricación de productos plásticos		COV	
3-08-007-01	Perforado, extrusión / cortado, etc.	5.902	Toneladas de material procesadas
3-08-007-03	Consumo de solvente	294.65	Toneladas de solvente usado
3-08-007-04	Consumo de adhesivo	294.65	Toneladas de adhesivo aplicado
Productos de fibra de vidrio con resina		COV	
3-08-007-21	Gel coat por rodillo	470.47	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-22	Get coat por atomizado	300.30	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-23	Resina - general por rodillo	250.25	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-08-007-24	Resina - general por atomizado	110.11	Toneladas de recubrimiento aplicado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento superficial de partes plásticas		COV	
4-02-022-01	Recubrimiento	726.40	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-03	Mezclado del recubrimiento	90.8	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-05	Limpieza del equipo	90.8	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-99	Otros no clasificados	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.11 Factores de emisión de Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad				Unidad
Productos minerales						
Cerámica arcillosa		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
3-05-008-01	Secado	17.87	1.20	0.80	0.002	Toneladas alimentadas al proceso
3-05-008-02	Cribado	32.33	3.70	1.15	-	Toneladas alimentadas al proceso
Dosificación de cemento		PM ₁₀				
3-05-011-01	General (no fugitivas)	0.05				Metros cúbicos de concreto producido
3-05-011-06	Trasferencia: Arena / agregados para elevarlos a la tolva	0.01				Toneladas procesadas
3-05-011-07	Vaciado de cemento: Tolva de almacenamiento	0.06				Toneladas procesadas
3-05-011-08	Peso de tolva: Llenado de cemento arena / agregados	0.00454				Toneladas procesadas
3-05-011-09	Mezclado: Llenado de cemento / arena / agregados	0.01				Toneladas procesadas
3-05-011-10	Llenado de tránsito mezclado en camiones	0.00454				Toneladas procesadas
3-05-011-11	Llenado de Batch - seco en el camión	0.01				Metros cúbicos de concreto producido
3-05-011-20	Productos: Cemento / asbestos	0.05				Toneladas producidas

Tabla A.1.12 Factores de emisión para industria metálica básica y otras industrias

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad						Unidad
Productos fabricados de metal								
Producción de acero								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	COV	CO	
3-03-009-01	Horno de hogar abierto: Chimenea	7.95	6.35	1.27	-	0.08	-	Toneladas producidas
3-03-009-04	Horno de arco eléctrico: Aleación de acero (chimenea)	2.97	-	0.03	0.09	0.16	8.17	Toneladas producidas
3-03-009-06	Carga: Horno de acero eléctrico	-	-	-	-	0.00045	-	Toneladas producidas
3-03-009-07	Taponeado: Horno de arco eléctrico	-	-	-	-	0.002	-	Toneladas producidas
3-03-009-08	Horno de arco eléctrico: Arco eléctrico (chimenea)	10.01	-	0.03	0.09	0.16	8.17	Toneladas producidas
3-03-009-11	Foso de calentamiento	0.01	-	-	-	0.27	-	Toneladas producidas
3-03-009-13	Horno de oxígeno básico: Chimenea con campana abierta	5.95	1.08	-	0.04	0.00045	62.65	Toneladas producidas
3-03-009-14	Oxígeno básico: Quemador - cerrado	5.95	-	-	-	0.00045	62.65	Toneladas producidas
3-03-009-15	Calentamiento de metal (acero) transferido al horno de acero	0.04	-	-	-	0.0045	-	Toneladas producidas
3-03-009-16	Carga: BOF	0.15	0.07	-	-	0.00045	-	Toneladas producidas
3-03-009-17	Taponeado: BOF	0.19	0.17	-	0.01	0.0022	-	Toneladas producidas
3-03-009-18	Carga: Hogar abierto	-	-	-	-	0.0045	-	Toneladas producidas
3-03-009-19	Taponeado: Hogar abierto	-	-	-	-	0.00091	-	Toneladas producidas
3-03-009-20	Calentamiento de metal desulfurización	0.10	-	-	-	-	-	Toneladas procesadas
3-03-009-21	Llenado de molde (acero sin plomo)	0.01	-	-	-	0.00091	-	Toneladas producidas
3-03-009-22	Vaciado continuo	-	-	-	0.02	-	-	Toneladas producidas
3-03-009-23	Escoria del horno de acero taponeado y vaciado	0.41	-	-	-	0.00091	-	Toneladas producidas
3-03-009-24	Arcilla para taponear (taponeado)	0.13	-	-	-	-	-	Toneladas producidas
3-03-009-25	Llenado (acero con plomo)	0.16	-	-	-	0.00091	-	Toneladas producidas
3-03-009-31	Laminación en caliente	-	-	-	-	0.04	-	Toneladas producidas
3-03-009-32	Rebajado	0.05	-	-	-	-	-	Toneladas producidas
3-03-009-33	Hornos de re-calentamiento	0.04	-	0.40	0.36	0.0045	-	Toneladas producidas
3-03-009-34	Hornos de tratamiento en caliente: Acero recocido	-	-	-	0.05	0.002	-	Toneladas producidas
3-03-009-35	Laminado en frío	-	-	-	-	0.28	-	Toneladas producidas
3-03-009-36	Recubrimiento: Estaño, Zinc, etc.	-	-	-	0.09	0.03	-	Toneladas producidas
Producción de hierro. Horno de tiro forzado		PM ₁₀			CO			
3-03-008-01	Carga de mineral	18.98			875.87			Toneladas de hierro producidas
3-03-008-02	carga de aglomerado	6.90			-			Toneladas de hierro producidas
Producción de hierro. Horno de tiro forzado con escoria		PM ₁₀						
3-03-008-04	Carga: Sedimento-rico	0.01						Toneladas de escoria transferidas
3-03-008-05	Carga: Sedimento-pobre	0.0019						Toneladas de escoria transferidas
Producción de hierro. Sinterizado								
3-03-008-11	Materia prima: Coque pequeño, piedra caliza, mineral fino	-	-	-	-	2.40	-	Toneladas producidas
3-03-008-13	Embobinado	0.76	0.28	1.25	0.14	0.64	20.29	Toneladas producidas
3-03-008-14	Final de descarga	0.46	-	-	-	-	-	Toneladas producidas
3-03-008-17	Enfriador	0.23	-	0.06	-	-	-	Toneladas producidas
3-03-008-19	Proceso sintetizado	0.06	-	-	-	0.02	-	Toneladas producidas
3-03-008-20	Sintetizador: Estación de transferencia	0.01	-	-	-	-	-	Toneladas producidas

Memorias de Cálculo Fuentes Puntuales

..... Continuación tabla A.1.12.

Producción de hierro. Horno de tiro forzado		PM₁₀	SO₂	NO_x	COV			
3-03-008-21	Descarga de mineral, Pellet, caliza, dentro del horno de tiro forzado	0.00054	-	-	-	-	Toneladas de mineral transferido	
3-03-008-22	Materias primas: Mineral pellet, caliza, coke sintetizador	-	-	-	2.18	-	Toneladas procesadas	
3-03-008-24	Estufa de calentamiento (tiro forzado)	0.0045	-	-	0.01	-	Toneladas procesadas	
3-03-008-25	Fundición de hierro	0.14	1.36	0.01	1.27	-	Toneladas procesadas	
3-03-008-26	Juntas de horno de tiro forzado	14.98	-	-	-	-	Número de juntas	
3-03-008-27	Descarga de mineral en trozos	0.0001	-	-	-	-	Toneladas de mineral transferido	
Aluminio mineral: Electro-Reducción		PM₁₀	PM_{2.5}	SO₂	NO_x	COV	CO	
3-03-001-01	Celdas de reducción (precocido)	24.74	-	27.24	0.0014	0.05	184.68	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-02	Celdas de husillo horizontal de celdas sodenberg	25.79	19.60	5.00	-	0.45	122.12	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-03	Celdas de husillo vertical de celdas sodenberg	35.94	-	8.51	-	0.45	174.67	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-04	Manejo de materiales	2.63	-	-	-	-	-	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-05	Quemador de cocido anódico	1.40	-	1.35	-	0.45	33.03	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-07	Venteo de tapas	-	-	-	-	1.23	-	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-08	Precocido: Emisiones fugitivas	1.32	0.70	-	-	-	-	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-09	H.S.S. Emisiones fugitivas	1.41	0.85	-	-	-	-	Toneladas de aluminio líquido producido
3-03-001-10	U.S.S. Emisiones fugitivas	1.68	-	-	-	-	-	Toneladas de aluminio líquido producido
Hidróxido de aluminio calcinado		PM₁₀	SO₂	NO_x	COV			
3-03-002-01	Todos los procesos	10.90	12.62	0.75	0.01	-	-	Toneladas de alúmina producida
Fundición primaria de cobre		PM₁₀	SO₂	NO_x	COV			
3-03-005-02	Horno múltiple del calcinador	10.81	127.12	1.80	0.0045	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-03	Horno de reverbero después del calcinador	6.17	72.64	2.90	0.01	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-04	Convertido (todas las configuraciones)	9.62	335.96	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-05	Refinado	4.18	-	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-06	Secador de mineral concentrado	2.18	0.45	-	0.002	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-07	Horno reverbero quemador con mineral carga con calcinación	6.13	160.16	5.16	0.02	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-09	Calcinador de cama fluidizada	13.26	163.44	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-10	Quemador eléctrico	26.33	108.96	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-12	Fundición Flash	37.68	372.28	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-13	Calcinado: Emisiones fugitivas	0.64	0.45	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-14	Horno de reverbero: Emisiones fugitivas	0.08	2.00	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-15	Convertidor: Emisiones fugitivas	1.18	59.02	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-16	Refinación anódica: Emisiones fugitivas	0.21	0.05	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-17	Limpieza de escoria fundición: Emisiones fugitivas	3.50	2.72	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-18	Convertidor de escoria retorno: Emisiones fugitivas	-	0.05	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado

Inventario de Emisiones 2000

..... Continuación tabla A.1.12.

3-03-005-22	Horno de limpieza de escoria	3.50	2.72	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-23	Horno de reverbero con convertidor	4.40	370.00	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-25	Calcinador de cama fluidizada con reverbedero	8.67	163.44	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-26	Secador concentrado con horno eléctrico: Limpieza del fundidor y convertidor	7.85	0.45	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-27	Secador concentrado con horno flash y convertidor	2.18	0.45	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-28	Reactor Norander y convertidor	-	-	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-29	Horno de calcinado múltiple con reverbedero y convertidor	8.63	127.12	1.80	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-30	Calcinador de cama fluidizada con fundidor eléctrico y convertidor	8.67	272.40	2.90	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-31	Fundición con reverbedero, después de la calcinación en horno múltiple	6.13	81.72	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-32	Reverbero: Fundición después de secado de concentrado	6.13	72.64	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-33	Fundidor Eléctrico después de secado de concentrado	26.33	108.96	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-34	Fundidor flash después de secado de concentrado	37.68	372.28	-	-	Toneladas de mineral procesado
3-03-005-35	Fundidor eléctrico después de calcinado en cama fluidizada	26.33	45.04	-	-	Toneladas de mineral procesado
Ferroaleaciones. Fundición abierta		PM₁₀	PM_{2.5}	SO₂	NO_x	COV
3-03-006-01	50% Fesi: Fundición eléctrica	19.98	20.00	0.03	0.05	2.04
3-03-006-02	75% Fesi: Fundición eléctrica	90.35	-	0.03	0.05	0.05
3-03-006-03	90% Fesi: Fundición eléctrica	161.17	-	0.03	0.05	0.05
3-03-006-04	Silicón metálico: Fundición Eléctrica	340.50	327.00	0.03	0.05	32.60
3-03-006-05	Silicomanganeso: Fundición eléctrica	80.36	62.50	0.04	0.05	2.25
3-03-006-06	80% ferromanganeso	10.90	8.50	-	-	-
3-03-006-07	80% ferrocromo	64.92	49.50	-	-	-
3-03-006-15	Ferromanganeso: Horno de tiro forzado	-	-	-	-	7.26
3-03-006-16	Ferrosilicon: Horno de tiro forzado	-	-	-	-	7.26
3-03-006-17	Caja de vaciado	-	-	-	-	1.27
Ferroaleaciones: Fundición semi-cubierta		PM₁₀	SO₂	NO_x	COV	
3-03-007-01	Ferromanganeso: Fundidor de arco eléctrico	4.90	0.0045	0.05	0.64	Toneladas producidas
3-03-007-02	Arco eléctrico: Otras aleaciones / específicas	-	-	-	-	Toneladas producidas
3-03-007-03	Ferrocromo: Fundidor de arco eléctrico	-	-	-	3.72	Toneladas producidas
3-03-007-04	Ferrocromo silicón: Fundidor de arco eléctrico	-	-	-	3.72	Toneladas producidas

Memorias de Cálculo Fuentes Puntuales

..... Continuación tabla A.1.12.

Producción secundaria de metales								
Producción secundaria de aluminio		PM₁₀	PM_{2.5}	SO₂	NO_x	COV		
3-04-001-01	Horno de endulzado	6.04	-	0.01	0.30	1.20	Toneladas producidas	
3-04-001-02	Horno / crisol de fundición	0.77	-	1.25	0.85	1.25	Toneladas de metal producido	
3-04-001-03	Horno / reverberador de fundición	1.18	1.08	0.45	0.38	0.09	Toneladas de metal producido	
3-04-001-04	Cloración fundente	241.53	99.50	0.00	0.00	0.00	Toneladas de cloro usado	
3-04-001-05	Fluorización fundente			0.00	0.00	0.00	Toneladas de metal producido	
3-04-001-06	Degasificación			0.00	0.00	0.00	Toneladas de metal producido	
3-04-001-07	Desechos calientes del proceso	0.10		0.00	0.00	0.00	Toneladas de metal producido	
3-04-001-08	Triturado / cribado			0.00	0.00	0.00	Toneladas de metal producido	
3-04-001-09	Calcinado / secado			1.32	0.41	16.02	Toneladas de metal producido	
3-04-001-10	Laminación de hojas					0.65	Toneladas de metal producido	
3-04-001-11	Conversión de hoja laminada					1.09	Toneladas de metal producido	
3-04-001-12	Horno de recocido			0.00	0.75	0.00	Toneladas de metal producido	
3-04-001-13	Horno de plancha			0.00	0.75	0.00	Toneladas de metal producido	
3-04-001-14	Vaciado / moldeado			0.01	0.00	0.06	Toneladas de metal cargado	
3-04-001-20	Manufactura de latas				0.32	150.15	Toneladas producidas	
3-04-001-50	Laminación, estirado, extruido				0.35	0.05	Toneladas producidas	
Producción secundaria de cobre		PM₁₀	SO₂	NO_x	COV			
3-04-002-07	Desecho de secador rotatorio	114.86	0.75	9.01	0.002		Toneladas de carga	
3-04-002-08	Incinerador: Cocido de alambre	114.86	5.81	0.85	0.27		Toneladas de carga	
3-04-002-09	Horno de endulzado	6.91	-	-	0.06		Toneladas de carga	
Fundidoras de hierro gris		PM₁₀	PM_{2.5}	SO₂	NO_x	COV	CO	
3-04-003-01	Horno de cubilote	5.63	5.80	0.57	0.05	0.08	65.83	Toneladas de metal cargado
3-04-003-02	Horno de reverberación	0.77	-	90.09	2.63	0.07	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-03	Horno de inducción eléctrica	0.39	-	-	-	-	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-04	Horno de arco eléctrico	5.27	-	0.11	0.02	0.03	0.0004	Toneladas de metal cargado
3-04-003-05	Operaciones de templado		-	-	0.45	0.05	-	Toneladas procesadas
3-04-003-10	Inoculación	1.60	-	-	-	0.0023	-	Toneladas de metal inoculado
3-04-003-15	Carga manual	0.16	-	-	-	-	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-20	Vaciado / moldeado	0.94	-	0.01	-	0.06	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-25	Moldeado en frío	0.64	-	-	-	-	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-31	Moldeado por sacudido	1.02	0.68	-	-	0.54	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-32	Moldeado por golpeo			-	-	0.54	-	Toneladas de arena manejada
3-04-003-33	Maquina de sacudido	-	-	-	-	0.54	-	Toneladas de arena manejada
3-04-003-40	Esmerilado / limpiado	0.77	-	-	-	-	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-50	Esmerilar con arena / manejo	0.25	-	-	-	-	-	Toneladas de arena manejada

Inventario de Emisiones 2000

Continuación...

3-04-003-51	Hornos de lingoteado	1.01	-	0.02	0.23	0.0004	-	Toneladas de arena manejada
3-04-003-52	Esmerilar con arena / manejo	2.72	-	-	-	-	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-53	Hornos de lingoteado	0.41	-	0.16	0.23	0.0004	-	Toneladas de metal cargado
3-04-003-54	Hornos de lingoteado	0.002	-	-	0.23	0.0001	-	Litros de aceite para lingote usados
3-04-003-55	Secado con arena	-	-	0.16	0.25	0.0002	-	Toneladas de arena manejada
3-04-003-56	Silo de arena	-	-	0.17	0.25	-	-	Toneladas de arena manejada
3-04-003-57	Elevadores / trasportadores	-	-	-	0.80	-	-	Toneladas de arena manejada
3-04-003-70	Máquina lingoteadora de cubiertas	-	-	0.15	0.23	0.0004	-	Toneladas de lingote producidos
3-04-003-71	Otras máquinas lingoteadoras	-	-	0.16	0.23	0.0004	-	Toneladas de lingote producidos
Fundidoras de acero		PM₁₀		SO₂	NO_x		COV	
3-04-007-01	Horno de arco eléctrico	3.15		0.11	0.09		0.16	Toneladas De metal procesado
3-04-007-02	Horno abierto de crisol	4.70		-	0.004		0.08	Toneladas de metal procesado
3-04-007-03	Horno abierto de crisol w /oxigenado	3.86		-	-		0.08	Toneladas de metal procesado
3-04-007-04	Horno de tratamiento térmico	-		125.89	36.64		0.27	Toneladas de metal procesado
3-04-007-05	Horno de inducción eléctrica	0.04		-	-		-	Toneladas de metal procesado
3-04-007-06	Manejo y esmerilado con arena	0.25		-	-		-	Toneladas de arena procesada
3-04-007-07	Horno de lingoteado	1.01		0.16	0.03		0.0004	Toneladas de arena procesada
3-04-007-08	Vaciado / moldeado	1.27		0.01	0.004		0.06	Toneladas de metal procesado
3-04-007-09	Moldeado por sacudido	11.89		-	1.20		0.54	Toneladas de metal procesado
3-04-007-10	Moldeado por golpeo	-		-	-		0.54	Toneladas de arena manejada
3-04-007-11	Limpiado	0.77		-	-		-	Toneladas de metal procesado
3-04-007-12	Carga manual	0.16		-	-		-	Toneladas de metal procesado
3-04-007-13	Manejo en frío	0.64		-	-		-	Toneladas de metal procesado
3-04-007-14	Maquina de sacudido						0.54	Toneladas de arena manejada
3-04-007-15	Terminado	0.002		21.64	43.54		0.50	Toneladas de metal procesado
3-04-007-16	Manejo y esmerilado con arena	2.72		-	-		-	Toneladas de metal procesado
3-04-007-17	Horno de lingoteado	0.41		0.16	0.23		0.0004	Toneladas de metal procesado
3-04-007-18	Horno de lingoteado	-		0.04	0.06		0.0001	Litros de aceite para lingotes usados
3-04-007-20	Secado con arena	-		-	0.80		0.002	Toneladas de arena manejada
3-04-007-26	Vaciado, Limpiado y rebabeado	-		-	-		0.0004	Toneladas de piezas moldeadas limpiadas
3-04-007-30	Máquinas lingoteadoras de cubiertas	-		0.16	0.23		0.00	Toneladas de lingotes producidos
3-04-007-31	Otras máquinas/lingoteadoras	-		0.16	0.23		0.0004	Toneladas de lingotes producidos
Producción secundaria de zinc		PM₁₀		SO₂	NO_x		COV	
3-04-008-01	Horno de retorta	21.34		-	-		-	Toneladas producidas
3-04-008-02	Horno horizontal de muffla	22.52		-	-		1.09	Toneladas producidas

Memorias de Cálculo Fuentes Puntuales

3-04-008-03	Horno de crisol	0.04	-	0.95	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-05	Marmita de galvanización	2.27	-	-	-	Toneladas zinc usadas
3-04-008-06	Horno de calcinación	39.04	8.31	-	0.03	Toneladas producidas
3-04-008-07	Secador concentrador	-	-	-	0.002	Toneladas procesadas
3-04-008-09	Horno rotatorio de endulzado	7.54	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-10	Horno muffla de endulzado	8.94	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-11	Horno de resistencia eléctrica de endulzado	4.54	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-24	Horno de marmita de endulzado (desecho de limpiado de metales)	4.99	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-28	Horno reverberador de endulzado (desecho de limpiado de metales)	5.90	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-34	Horno de marmita de endulzado Kettle (desechos metálicos)	6.81	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-38	Horno reverberador de endulzado (desechos metálicos)	8.63	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-41	Desecho de fundición del crisol	-	-	-	1.14	Toneladas producidas
3-04-008-42	Desecho de fundición del horno de reverberación	-	-	-	0.09	Toneladas producidas
3-04-008-43	Desecho de fundición del horno de inducción eléctrica)	-	-	-	0.08	Toneladas producidas
3-04-008-51	Vaciado de destilación de el horno retorta y muffla	0.27	-	-	-	Toneladas producidas
3-04-008-52	Vaciado de destilación de el horno retorta y muffla	0.14	-	-	-	Toneladas producidas
3-04-008-54	Recipiente para destilación / oxidación	13.62	9.52	3.95	-	Toneladas de óxido de zinc
3-04-008-55	Muffla para destilación / oxidación	13.62	18.26	55.05	-	Toneladas de óxido de zinc
3-04-008-61	Horno reverberatorio de endulzado	0.35	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-62	Horno rotatorio de endulzado	0.25	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-63	Muffla de endulzado	0.29	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-64	Marmita (crisol) endulzado	0.15	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-65	Horno de resistencia eléctrica de endulzado	0.23	-	-	1.09	Toneladas de desecho procesado
3-04-008-67	Horno marmita (crisol) de fundición	0.002	-	-	1.09	Toneladas producidas
3-04-008-68	Horno crisol de fundición	0.002	-	-	1.14	Toneladas producidas
3-04-008-69	Horno reverberador de fundición	0.002	-	-	0.09	Toneladas producidas
3-04-008-70	Horno de inducción eléctrica de fundición	0.002	-	-	0.08	Toneladas producidas
3-04-008-72	Recipiente de purificación y muffla	1.07	-	-	-	Toneladas producidas
3-04-008-73	Vaciado	0.01	-	-	-	Toneladas producidas
Hierro forjado		NO_x		COV		
3-04-009-01	Recocido		0.30		0.05	Toneladas de metal cargado
Tratamiento térmico de metales		NO_x		COV		
3-04-022-01	Horno general		2.00		0.05	Toneladas procesadas
3-04-022-10	Baño de templado		-		127.12	Toneladas procesadas
Recubrimiento de cable de plomo		PM₁₀				
3-04-040-01	General				0.16	Toneladas procesadas
Productos fabricados de metal						
Métodos abrasivos para limpieza de partes metálicas		PM₁₀		PM_{2.5}		
3-09-002-02	Abrasivo arena		13.00		0.52	Toneladas de abrasivos consumidos
Operaciones de electrodeposición		NO_x		COV		
3-09-010-01	General: Proceso completo		0.04		0.13	Metros cuadrados de producto plateado, niquelado, etc.
Conversión de recubrimientos en productos metálicos		SO₂	NO_x		COV	
3-09-011-01	Baño de limpieza alcalina	-		0.15	-	Toneladas de material procesado
3-09-011-02	Baño de limpieza ácida	0.30		6.51	-	Toneladas de material procesado
3-09-011-03	Anodizado en marmita	-		0.10	-	Toneladas de material procesado

Inventario de Emisiones 2000

3-09-011-04	Enjuague / acabado	-	4.00	50.05	Toneladas de material procesado
Operaciones de recubrimiento de superficies					
SCC	Nombre del proceso	kg/unidad		Unidad	
Recubrimiento de latas de metal		COV			
4-02-017-03	Mezclado de recubrimiento	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-05	Limpieza de equipo	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-21	2 piezas y recubrimiento base exterior	408.60		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-22	Recubrimiento interior spray	181.60		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-23	Recubrimiento de lamina base (interior)	200.20		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-24	Recubrimiento de lamina base (exterior)	317.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-25	Costura lateral recubrimiento con spray	45.40		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-26	Compuesto sellador final	45.40		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-27	Litografía	181.60		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-28	Barnizado	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-017-31	3 latas laminas recubrimiento base	159,808.00		Línea de recubrimiento	
4-02-017-32	3 latas lamina línea de recubrimiento litográfico	49,940.00		Línea de recubrimiento	
4-02-017-33	3 piezas	18,160.00		Línea de recubrimiento	
Recubrimiento de roscas de metal		COV			
4-02-018-01	Aplicación de Prime	363.20		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-018-03	Mezclado de solventes	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-018-05	Limpieza del equipo	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-018-06	Acabado	363.20		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-018-99	otros no clasificados	908.00		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
Recubrimiento superficial de muebles de metal		COV			
4-02-020-01	Operación de recubrimiento	726.40		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-020-03	Mezclado recubrimiento	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-020-05	Limpieza del equipo	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-020-31	Línea única de spray	11.91		1000 m2 de área superficial de producto revestida	
4-02-020-32	Línea húmeda de spray	74.77		1000 m2 de área superficial de producto revestida	
4-02-020-33	Recubrimiento en spray de altos sólidos	3.32		1000 m2 de área superficial de producto revestida	
4-02-020-34	Recubrimiento en spray base agua	21.01		1000 m2 de área superficial de producto revestida	
4-02-020-99	Otros no clasificados	908.00		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
Recubrimiento superficial de productos de chapa		COV			
4-02-021-01	Base	363.20		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-021-03	Mezclado	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-021-05	Limpieza del equipo	90.80		Toneladas de solvente en el recubrimiento	
4-02-021-06	Superficie	363.20		Toneladas de solvente en el recubrimiento	

Memorias de Cálculo Fuentes Puntuales

4-02-021-07	Relleno	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-021-08	Sello	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-021-09	Tintas	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-021-31	Recubrimiento base agua	12.22	1000 m2 área superficial producto revestida
4-02-021-32	Recubrimiento base solvente	80.63	1000 m2 área superficial producto revestida
4-02-021-33	Recubrimiento UV	3.91	1000 m2 área superficial producto revestida
4-02-021-99	otros no clasificados	908.00	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Recubrimiento superficial de partes metálicas misceláneas		COV	
4-02-025-01	Operación de recubrimiento	726.40	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-025-03	Mezclado de recubrimiento	90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-025-05	Limpieza del equipo	90.80	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-025-31	Transportador de flujo simple	74.77	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-32	Transportador baño simple	74.77	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-33	Transportador spray simple	134.39	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-34	Vehículo flujo y spray de 2 capas	134.39	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-35	Vehículo Spray y baño de 2 capas	209.16	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-36	Vehículo spray de dos capas	268.78	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-37	Vehículo spray manual de 2 capas y Secado al aire	267.80	1000 m2 área prod recubrimiento
4-02-025-99	Otros no clasificados	1000.99	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla A.1.13 Otros factores para recubrimientos superficiales (emisiones evaporativas)

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad		Unidad
Operaciones de recubrimiento de superficies				
Aplicación de recubrimientos superficiales – General -		COV		
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-001-10	Pinturas: Base Solvente	0.67		Litros de recubrimiento procesado
4-02-002-01	Pinturas: Base Agua	111.68		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-002-10	Pinturas: Base Agua	0.16		Litros de recubrimiento procesado
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454.00		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-003-10	General: Barniz/Laca	0.40		Litros de recubrimiento procesado
4-02-004-01	General: Laqueado	699.16		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-004-10	General: Laqueado	0.73		Litros de recubrimiento procesado
4-02-005-01	General: Esmaltado	381.36		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-005-10	General: Esmaltado	0.42		Litros de recubrimiento procesado
4-02-006-01	General: Primer	599.28		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-02-006-10	General: Primer	0.79		Litros de recubrimiento procesado
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58		Toneladas de recubrimiento Aplicado
4-05-007-10	General: Adhesivo	0.53		Litros de recubrimiento procesado
Horno de recubrimiento – General		SO_x	COV	
4-02-008-01	General	2.50	27.03	Toneladas de recubrimiento
4-02-008-10	General	0.12	1.56	Litros de recubrimiento
Solventes adelgazantes		COV		
4-02-009-01	General: Especifico en comentarios	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-02	Acetona	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-03	Acetato de Butilo	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-04	Alcohol Butílico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-05	Carbitol	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-06	Celosolve	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-07	Acetato de Celosolve	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-08	Dimetil formamida	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-09	Acetato Etilico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-10	Alcohol Etilico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-11	Gasolina	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-12	Alcohol Isopropilico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-13	Acetato Isopropilico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-14	Keroseno	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-15	Solventes de Lactol	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-16	Acetato Metilico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-17	Alcohol Metilico	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-18	Metil Etil Cetona	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-19	Metil Isobutil Cetona	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-20	Solventes minerales	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-21	Nafta	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-22	Tolueno	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-23	Varsol	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-24	Xileno	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-25	Benceno	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-26	Turpentino	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-27	Hexilen glicol	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-28	Oxido de Etileno	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-29	Metil Cloroformo	908.00		Toneladas de solvente usado
4-02-009-31	Percloroetileno	908.00		Toneladas de solvente usado

Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP)

La clave de la CMAP, contiene cuatro niveles de agregación, sector, subsector, rama y actividad. Esta agregación obedece al criterio básico de identificar la actividad de las unidades estadísticas partiendo de lo general hacia niveles de mayor especificación de una manera gradual.

La industria de la ZMVM, está incluida en los sectores 3 “Industrias manufactureras” y 4 “electricidad y Agua”, los cuales se dividen en 10 subsectores y 55 ramas como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A.1.14 Descripción de los sectores, subsectores y ramas de la industria en la ZMVM

Sector	Subsector	Rama	Descripción
3			Industrias manufactureras
	31		Productos alimenticios, bebidas y tabaco
		3111	Industria de la carne
		3112	Elaboración de productos lácteos
		3113	Elaboración de conservas alimenticias. Incluye concentrados para caldos. excluye las de carne y leche exclusivamente
		3114	Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas
		3115	Elaboración de productos de panadería
		3116	Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas
		3117	Fabricación de aceites y grasas comestibles
		3119	Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería
		3121	Elaboración de otros productos alimenticios para el consumo humano
		3122	Elaboración de alimentos preparados para animales
		3130	Industria de las bebidas
		3140	Industria del tabaco
	32		Textiles, prendas de vestir e industria del cuero
		3211	Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo
		3212	Hilado tejido y acabado de fibras blandas excluye de punto
		3213	Confección con materiales textiles. Incluye la fabricación de tapices y alfombras de fibras blandas
		3214	Fabricación de tejidos de punto
		3220	Confección de prendas de vestir
		3230	Industria del cuero, pieles y sus productos. Incluye los productos de materiales sucedáneos. Excluye calzado y prendas de cuero.
		3240	Industria del calzado excluye de hule y/o plástico
	33		Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles
		3311	Fabricación de productos de aserradero y carpintería. Excluye muebles
		3312	Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho. Excluye muebles
		3320	Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera. Incluye colchones
	34		Papel y productos de papel, imprentas y editoriales
		3410	Manufactura de celulosa, papel y sus productos
		3420	Imprentas, editoriales e industrias conexas
	35		Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico
		3511	Petroquímica básica
		3512	Fabricación de sustancias químicas básicas. Excluye las petroquímicas básicas
		3513	Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas
		3521	Industria farmacéutica
		3522	Fabricación de otras sustancias y productos químicos
		3540	Industria del coque. incluye otros derivados del carbón mineral y del petróleo
		3550	Industria del hule
		3560	Elaboración de productos de plástico
	36		Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón
		3611	Alfarería y cerámica. excluye materiales de construcción
		3612	Fabricación de materiales de arcilla para la construcción
		3620	Fabricación de vidrio y productos de vidrio
		3691	Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos a base de minerales no metálicos
	37		Industrias metálicas básicas
		3710	Industria básica del hierro y del acero
		3720	Industrias básicas de metales no ferrosos. Incluye el tratamiento de combustibles nucleares

..... Continuación tabla A.1.14.

Sector	Subsector	Rama	Descripción
	38		Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión
		3811	Fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas y no ferrosas
		3812	Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales. Incluso trabajos de herrería
		3813	Fabricación y reparación de muebles metálicos
		3814	Fabricación de otros productos metálicos. excluye maquinaria y equipo
		3821	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para fines específicos con o sin motor eléctrico integrado. Incluye maquinaria agrícola
		3822	Fabricación y/o reparación de maquinaria y equipo para usos generales con o sin motor eléctrico integrado. Incluye armamento
		3823	Fabricación y/o ensamble de maquinas de oficina, calculo y procesamiento informativo
		3831	Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos. Incluye para la generación de energía eléctrica
		3832	Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio, televisión, comunicaciones y de uso medico
		3833	Fabricación y/o ensamble de aparatos y accesorios de uso domestico. Excluye los electrónicos
		3841	Industria automotriz
		3842	Fabricación, reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes. Excluye automóviles y camiones
		3850	Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión. Incluye instrumental quirúrgico excluye los electrónicos
	39		Otras industrias manufactureras
		3900	Otras industrias manufactureras
4			Electricidad y Agua.
	41		Electricidad
		4100	Generación de energía eléctrica

La adjudicación de la clave CMAP, se realizó tomando en cuenta la actividad principal de cada industria establecida en la ZMVM, así como sus principales productos.

Así tenemos que una industria, cuya actividad principal es la maquila de productos plásticos y tiene como producto principal juguetes, estaría dentro del subsector 35 "Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico", la rama 3560 "Elaboración de productos de plástico" y la actividad 356011 "Fabricación de juguetes plásticos".

A.1.3 Consideraciones para el cálculo de emisiones por combustión

La información para estimar las emisiones por combustión de una industria en particular consiste en determinar la capacidad del equipo de combustión, el consumo y tipo de combustible utilizado, 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.

Existen conversiones previas a la selección del factor de emisión, como la capacidad térmica del equipo y las unidades de consumo de combustibles, entre otras conversiones, las cuales se realizaron de acuerdo al Apéndice A del AP-42 1995 de la US-EPA.

Para los equipos de control se analiza lo siguiente: si el equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante, el tipo de equipo, contaminante que controla y eficiencia del equipo. Toda la información es evaluada, analizada y procesada con la siguiente ecuación:

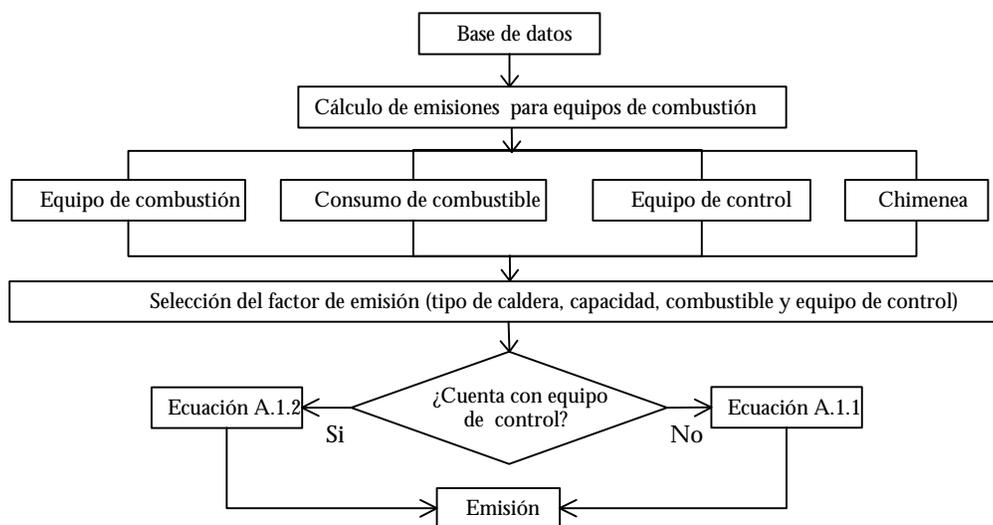
$$E = A \times FE \quad \text{Ecuación A.1.1.}$$

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

Donde

- E: Emisión de contaminante
- A: Tasa de actividad
- FE: Factor de emisiones, [kg de contaminante emitido por m³ de combustible]
- EC: Eficiencia del sistema de control [%]

Diagrama A.1.1 Etapas para el cálculo de emisiones en equipos de combustión



Para el cálculo de las emisiones por combustión se consideró lo siguiente:

Tabla A.1.15 Equipos de combustión utilizados en la industria

Equipos de combustión por calentamiento directo	Equipos de combustión calentamiento indirecto
Hornos	Calderas
Estufas	Generador de vapor
Dragas	Boyer
Paylas	Intercambiadores de calor
Quemadores	Calentadores de aceite
Hornillas	Otros
Tómbolas de secado	
Tostadores	
Freidoras	
Otros	

1. Los contaminantes por combustión que se consideraron en el inventario de emisiones 2000, son PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, CO, HCT, HCNM, CH₄, COV's y NH₃.
2. De la cédula de operación anual, se toma el consumo y tipo de combustible reportado por la industria para cada equipo de combustión, así como la capacidad térmica de los mismos, se

- aplica el factor de emisión correspondiente y se realiza el cálculo de las emisiones, tomando en cuenta las horas y los días de operación de los equipos.
3. Si el equipo de combustión cuenta con equipo para controlar sus emisiones, se toma en cuenta su eficiencia, y la emisión de este equipo debe ser afectada por dicha eficiencia para estimar la emisión total, la emisión controlada y la emisión sin control, es decir la emisión que realmente se emite a la atmósfera.
 4. Si no se reporta el consumo de combustibles, o el dato es confuso en la COA, pero se conoce el tipo de combustible utilizado, el consumo del combustible se determina por medio de cálculos de ingeniería, basados en la capacidad térmica del equipo, su horario de operación y el poder calorífico del combustible.
 5. Cuando se desconocen las horas al año de trabajo de los equipos, pero se conoce el consumo y tipo de combustible utilizado, así como su capacidad térmica, se puede determinar las horas de operación anual de dichos equipos y con esto calculamos las emisiones anuales.
 6. Cuando se desconoce el tipo de combustible utilizado, no se realiza el cálculo de emisión por combustión, debido a que no se puede establecer el factor de emisión a utilizar.
 7. Cuando los datos de capacidad térmica del equipo de combustión y los consumos de combustibles son incongruentes, no se realiza el cálculo de las emisiones por combustión, debido a la gran incertidumbre de los datos.

Consumo de combustibles en la ZMVM

En el caso de todas aquellas industrias cuyo consumo de combustibles no pudo ser verificado, ya sea por un documento extra (facturas) o por la negativa del industrial a la aclaración de la información, se realizaron cálculos de acuerdo a las capacidades de los equipos de combustión, horas de operación y poder calorífico del combustible en cuestión.

El consumo de gas natural en la ZMVM se verificó a través del documento “información final consumo Secretaría del Medio Ambiente abril 2002.xls”¹, en él, se reportan las industrias que consumen gas natural en la ZMVM. Con esta información, se comparó el consumo de gas natural reportado por las industrias en la COA; cabe mencionar que para este caso se consideraron las industrias que reportan un consumo de gas natural “dudoso”, de acuerdo a las capacidades de los equipos de combustión y las horas de operación del mismo, en su caso se tomó el consumo reportado en el documento mencionado y se recalcularon las emisiones generadas por la combustión del combustible.

Una vez obtenida la sumatoria del consumo de combustibles, que reportan las industrias en la ZMVM, se comparó con los datos de ventas globales de combustibles para ZMVM reportados por PEMEX, con el fin de validar las consideraciones anteriores.

Con el consumo de combustible validado para cada industria, se procede al cálculo de las emisiones por combustión, para un mayor entendimiento se presenta el siguiente ejemplo.

¹ Remitida a la Secretaría del Medio Ambiente del GDF, el 24 de mayo de 2002 por PEMEX gas.

Calculo de las emisiones de una caldera que utiliza gas natural como combustible

Parámetros de operación asumidos:

Nombre del equipo:	Caldera	Capacidad:	2000 CC (Caballos Caldera) 7064 MJ/h
Combustible que utiliza:	Gas Natural	Cantidad:	4,000,000 m ³ /año
Equipo de control:	Quemador de Bajo NOx (QBN)	Eficiencia:	40%
Horas de operación:	8	Días al año:	313

Factores de emisión:

Los factores de emisión de los contaminantes están referidos al equipo de combustión, la capacidad del equipo y al tipo de combustible que utiliza; y para el caso del Gas natural sería:

De la tabla A.1.1, para gas natural, se toma el factor de emisión correspondiente de acuerdo a la capacidad del equipo (<3000 CC) y se realiza la estimación de las emisiones como se describe a continuación:

La ecuación general para estimar emisiones totales de los contaminantes es la siguiente:

$$\text{Emisión} = \text{Consumo de combustible anual (m}^3\text{/año)} * \text{Factor de emisión}$$

Cálculo de emisiones totales

PM ₁₀	=	4,000,000 m ³ /año * 121.6 kg/10 ⁶ m ³	=	486 kg/año
SO ₂	=	4,000,000 m ³ /año * 9.6 kg/10 ⁶ m ³	=	38.4 kg/año
CO	=	4,000,000 m ³ /año * 1,344 kg/10 ⁶ m ³	=	5376 kg/año
NOx	=	4,000,000 m ³ /año * 1,600 kg/10 ⁶ m ³	=	6,400 kg/año
COT	=	4,000,000 m ³ /año * 176 kg/10 ⁶ m ³	=	704 kg/año
COV	=	4,000,000 m ³ /año * 88 kg/10 ⁶ m ³	=	352 kg/año

Estimación de las emisiones sin control.

Las emisiones de NOx son controladas con un equipo (quemador de Bajo NOx), con una eficiencia de control del 40%. La ecuación para estimar estas emisiones es como sigue:

$$\text{Emisión sin control} = \text{Emisión total} * (1 - \text{Eficiencia del equipo de control})$$

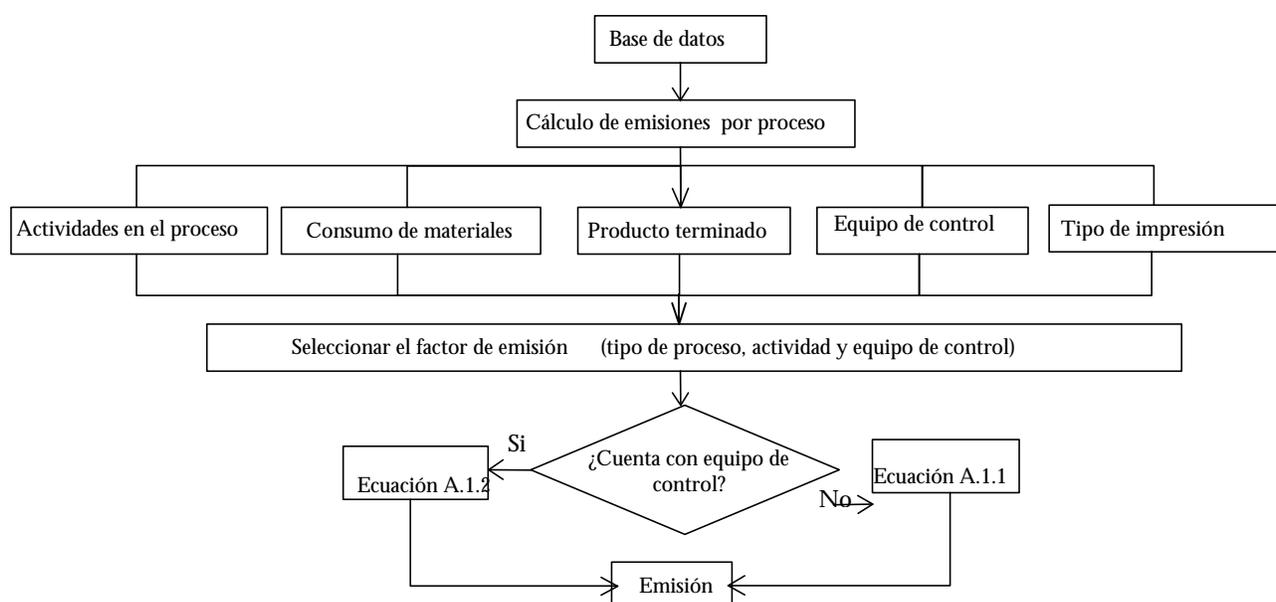
$$\text{Nox}_{\text{sin control}} = 6,400 \text{ kg/año} * (1 - 0.40) = 3,840 \text{ kg/año}$$

A.1.4 Consideraciones para el cálculo de emisiones por proceso

Para realizar la valoración de las emisiones en el proceso se utilizaron factores de emisión del FIRE 6.23 de la EPA, estos representan las cantidades de contaminantes emitidos en un equipo u operación por cada etapa del proceso.

El cálculo de las emisiones por proceso en la industria, consiste en revisar la información proporcionada en la cédula de operación anual (ver diagrama A.1.2). Si cuenta con equipos de control se determina la siguiente información: ¿El equipo se encuentra relacionado al punto de generación del contaminante?, ¿Que tipo de equipo y contaminante controla? y ¿Cuál es su eficiencia de control?. Lo anterior es suficiente para seleccionar los factores de emisión a utilizar.

Diagrama A.1.2 Etapas para el cálculo de emisiones por proceso.



Para el cálculo de emisiones en el área de procesos se tienen 3 tipos de estimaciones: 1) por factores de emisión para equipos de combustión de calentamiento directo; 2) por factores de emisión del FIRE 6.23 y 3) por datos reportados.

Para el cálculo de las emisiones por proceso se trabajo de la siguiente manera:

- A. Con la información referida a las materias primas, productos y/o actividad emisora de contaminantes, se identifica el factor de emisión del SCC² correspondiente a la actividad y/o proceso.
- B. Si no se tienen las unidades que reporta el factor de emisión (kg/ton, kg/lt, kg/producto, kg/materia prima consumida) y no se puede llegar a las unidades requeridas, entonces

² EPA 454/C-00-003, Diciembre 2000, Emission Factors and inventory Group EMAD/OAQPS Versión 8.0, Source Classification Codes, octubre 2000.

no se realiza el cálculo de emisiones por SCC, ya que no se cuenta con la información necesaria para la estimación de emisiones por actividad productiva. De igual manera, no se realiza el cálculo de emisiones por SCC cuando las actividades que se realizan no están claras debido a diversos factores como: falta de la descripción de las actividades del proceso y confusión en los datos reportados.

C. En el giro de impresión, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones para el cálculo, ya que existen diversos tipos de impresión como son:

- Impresión Flexográfica
- Impresión Tipográfica
- Impresión Litográfica
- Fotograbado
- Impresión Serigráfica
- Impresión Offset
- Rotograbado
- Impresión Tampográfica

A cada uno de los anteriores subgiros le corresponde un factor de emisión por lo que hay que tener en cuenta que:

La impresión *Offset* es similar a la impresión *Litográfica*, ambas son usadas para la fabricación de libros, folletos, periódicos, y por lo tanto se considerará el factor de la impresión Litográfica para ambos tipos de impresión.

Para el factor de la Impresión *Serigráfica* y *tampográfica* se considerará el factor de la impresión *Tipográfica* debido a que tiene un proceso similar, por lo que el factor de emisión representa las condiciones de operación de estas dos actividades.

El factor de emisión del *Fotograbado* será el mismo para el *Rotograbado*, ya que ambos tienen prácticamente el mismo proceso y uso (etiquetas, revistas, periódicos, cajas de cartón y materiales de empaque flexible).

D. Cuando en las materias primas se reporten solventes adelgazantes (ya sea para impresión o para recubrimiento) y no se encuentren dentro del catalogo de "solventes adelgazantes" (como por ejemplo el thinner), entonces se englobará dicho solvente dentro del catalogo "general específico" para el caso de recubrimiento y en "otros no clasificados" para impresión.

E. Para la estimación por SCC en cuanto a las actividades de recubrimiento e impresión se debe tener en cuenta que la cantidad de solvente que se evapora totalmente es la suma del solvente contenido en el recubrimiento por fabricación y/o tinta, más el solvente utilizado para el adelgazamiento de la tinta y recubrimiento.

F. Cuando se reporten hornos en la COA, se debe tener en cuenta que la actividad de un horno a otro puede variar, así por ejemplo se tienen actividades de recubrimiento, pintado, curado, polimerizado, secado, entre otros. Las diferencias se muestran a continuación:

- Horno de Curado incluye el proceso de recubrimiento y secado.

- Horno de recubrimiento solamente el recubrimiento.
- Horno de polimerizado incluye el proceso de polimerización por electricidad o temperatura.
- Horno de secado, proceso de secado.

Además de los hornos, en los procesos productivos, también se cuentan con actividades como el Pintado manual o por pistola y recubrimiento de spray o rociado en casetas de pinturas.

- G. Cuando alguna de las actividades desarrolladas en el proceso no se encuentre en el SCC, se verifica si dicha actividad, materia prima y/o productos se puede englobar en algún factor como actividad general, o en otros no clasificados o en una actividad y/o materia prima similar, para así realizar el calculo por SCC.
- H. Si se reporta algún equipo de control y se conoce su eficiencia, la emisión total es afectada por dicha eficiencia para estimar las emisiones con y sin control.
- I. Los gastos volumétricos se consideran en base seca y condiciones normales de presión y temperatura para poder estimar las emisiones de contaminantes.
- J. Cuando no se especifican los horarios de operación de los equipos de proceso se considera el horario de labores diarias y si trabaja de lunes a viernes se consideran 260 días, si es de lunes a sábado es de 313.
- K. Si no se especifica o reporta la capacidad de los equipos de combustión de calentamiento directo, éstos, se considerarán menores a 3,000 caballos caldera sin importar el tipo de combustible.
- L. Cuando no se especifica el tipo de quemador, éste, para fines de cálculo se considerará como quemador normal.
- M. Si la emisión de algún contaminante la reportan en kg/hr pero no reportan el tiempo de operación del equipo emisor entonces no se puede llevar a cabo el cálculo anual para la emisión reportada, ya que si se toma en cuenta el tiempo que laboran en la empresa se estaría estimando una cantidad de emisión errónea y por consiguiente se tendrían altas emisiones de contaminantes, por lo que las emisiones de estas industrias se estimaran con factores de emisión tomando en cuenta las materias primas y productos.
- N. Cuando no se cuenta con datos reportados de mediciones o de cálculos de ingeniería se calcularán las emisiones utilizando los factores de emisión.
- O. Si se tienen emisiones reportadas en la COA o en el estudio de emisiones, se realizará una comparación con las emisiones estimadas por factores de emisión correspondientes. De dicha comparación se reportará la emisión más congruente de acuerdo a la actividad productiva, horas de operación, equipos de control, materia prima, producto y las demás variables que afecten la emisión de contaminantes.
- P. Cuando no se especifiquen datos de las actividades en productos plásticos, todos los proceso se engloban en producción de productos plásticos.

A continuación se presentan algunos ejemplos de como se realizó el cálculo por factores de emisión, para las emisiones por proceso.

Ejemplo 1. cálculo por FE para proceso.

Clave CMAP: 342002

Actividad principal: Impresión de revistas

Materias primas	Cantidad	Unidades
Papel	10,533,528	Toneladas/año
Tinta	54,267	kg/año
Lamina fotosensible	34,565	pzas/año
Reveladores	5250	Lts/año
Goma arábica	592	kg./año
Goma para encuadernado	20,826	kg./año

Cálculo de emisiones por impresión tipográfica

Se busca la actividad principal, materias primas y productos, se relaciona la actividad con el SCC.

El SCC que le corresponde a esta actividad es el 4-05-002-01 y el factor de emisión a utilizar es 108.052 kg de COV por tonelada de tinta utilizada, entonces:

Si se tienen 54,267 kg de tintas la emisión será:

$$E_{COV} = (108.052 \text{ kg COV/ton tinta} * 54.267 \text{ ton tinta/año}) * (1\text{ton}/1000\text{kg}) = 5.86 \text{ ton de COV/año}$$

Para el caso de libros y revistas se estima la emisión de COV's por el uso de pegamentos, el cual corresponde al SCC 4-02-007-01 (Aplicación de adhesivo), y el factor de emisión es de 576.58 kg de COV, por tonelada de pegamento aplicado.

Si se tienen: 21,418 kg de pegamento, equivalente a 21.418 toneladas.

$$E_{COV} = (576.58 \text{ kg COV/ton peg.} * 21.418 \text{ ton peg./año}) * (1\text{ton}/1000\text{kg}) = 12.35 \text{ ton de COV/año}$$

$$\text{Emisión total de COV's} = 12.35 + 5.86 = 18.21 \text{ ton de COV/año}$$

Ejemplo 2. cálculo por FE para proceso.

Clave CMAP: 311403

Actividad principal: Tostado y comercialización de café.

Materias primas	Cantidad	Unidades
Café	12,000	Kg/año
Azúcar	3,500	Kg/año

Cálculo de emisiones por proceso de tostado de café

El SCC que le corresponde es el 3-02-002-02 y los factores correspondientes se observan a continuación:

Operación	kg/unidad				Unidad
	PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
Tostador de flama indirecta	0.30	0.20	0.05	1.30	Toneladas. de granos verdes

Si se tienen 12,000 kg de café la emisión equivalente a 12 toneladas

$$E_{PM_{10}} = (0.3 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1 \text{ ton}/1000 \text{ kg}) = 0.0036 \text{ ton/año de PM}_{10}$$

$$E_{SO_2} = (0.2 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1 \text{ ton}/1000 \text{ kg}) = 0.0024 \text{ ton/año de SO}_2$$

$$E_{NO_x} = (0.05 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1 \text{ ton}/1000 \text{ kg}) = 0.0006 \text{ ton/año de NO}_x$$

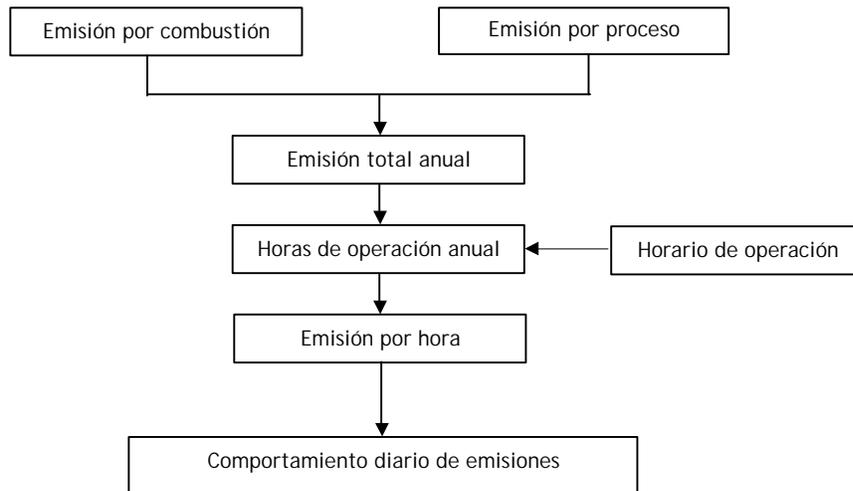
$$E_{COV's} = (1.3 \text{ kg/ton de grano} * 12 \text{ ton/año}) * (1 \text{ ton}/1000 \text{ kg}) = 0.0156 \text{ ton/año de COV}$$

A.1.5 Emisiones por hora

Una vez determinadas las emisiones generadas por los equipos de combustión y las emisiones generadas por proceso productivo, se realiza la suma de las emisiones con la finalidad de obtener la emisión total de cada una de las industrias ubicadas en la ZMVM.

Con la emisión total de cada una de las industrias, que integran el inventario de emisiones y las horas de operación de las mismas, se obtiene la emisión por hora para los diferentes contaminantes. Con la emisión por hora y los turnos de trabajo de la industria, se realiza una distribución de las emisiones para observar su comportamiento en un día.

Diagrama A.1.3 Etapas para el cálculo de emisiones por hora.



A.1.6 Consideraciones para la especiación de hidrocarburos

Para la especiación de hidrocarburos se dividió de la obtención de los Compuestos Orgánicos Totales (COT), separando las emisiones de este contaminante en combustión y proceso.

Hidrocarburos por combustión

Para la especiación de los hidrocarburos (HCT³, HCNM⁴ y CH₄^{*}) con relación a los COT generados por combustión, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones

$$\begin{aligned} \text{HCT} &= \text{COT} - \text{ALDEHIDOS} \\ \text{HCNM} &= \text{HCT} - \text{CH}_4 \end{aligned}$$

El porcentaje de contribución de Compuestos Orgánicos Volátiles presente en la formación de COT por combustión, considerando el tipo de combustible y la capacidad de los equipos de combustión, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla A.1.16 Porcentaje de COV's contenido en los COT por combustión

Contaminante	Gas Natural	Diesel		Gasóleo		Gas L.P
	Todas las capacidades	>3000 CC	<3000 CC	>3000 CC	<3000 CC	Todas las capacidades
COV	50.0	82.8	82.8	82.8	82.8	64.6

Fuente: Vol.5 Desarrollo de inventario de emisiones de fuentes de área. Manuales del programa de inventarios de emisiones de México. Mar/31/97

El porcentaje de emisión de aldehídos respecto a los COT generados por combustión, se puede observar en la Tabla A.1.17

Tabla A.1.17 Porcentaje de aldehídos presentes en la formación de COT por combustión

% Peso	Nombre químico	Actividad
7.67756	Formaldehído	Equipos de combustión externa - gas natural
7.01649	Formaldehído	Equipos de combustión externa - gas LP
0.08823	Formaldehído	Equipos de combustión externa - destilado o residual

Fuente: Especiate versión 3.1 del Air chief 8.0 del año 2000, de la USEPA.

Hidrocarburos generados por proceso

Para los COT emitidos por proceso se consideró que éstos son el 100% COV y para la obtención de los hidrocarburos totales (HCT), se obtuvo la emisión de aldehídos y se diferenció de los compuestos orgánicos, como se muestra a continuación.

$$\text{COT} = \text{COV}$$

$$\text{HCT} = \text{COT} - \text{ALDEHIDOS}$$

³ Hidrocarburos totales

⁴ Hidrocarburos no metánicos

* Metano

El porcentaje de emisión de aldehídos por proceso, se puede observar en la Tabla A.1.18

Tabla A.1.18 Porcentaje de aldehídos en la formación de COT por actividad productiva

% Peso	Nombre químico	Actividad
100.0	Formaldehído	Producción de Formaldehído
3.4	Aldehídos	Procesos Industriales - promedio (EPA 9003)
1.97	Aldehídos	Manufactura Química - promedio (EPA 9004)
24.9	Aldehídos	Producción secundaria de metales – promedio (EPA 9010)
1.6	Formaldehído	Productos minerales – promedio (EPA 9011)
8.9	Formaldehído	Industria del petróleo – promedio (EPA 9012)
0.0	Formaldehído	Operación de recubrimiento de superficies – promedio (EPA 9021)
2.7	Formaldehído	Pintado/Publicación – promedio (EPA 9026)
8.0	Aldehídos	Generación de energía eléctrica

Fuente: Especiate versión 3.1 del Air chief 8.0 del año 2000, de la USEPA.

A.2 MEMORIA DE CÁLCULO DE FUENTES DE ÁREA

A.2.1 Combustión en fuentes estacionarias

Las emisiones contaminantes que se generan en este sector, fueron estimadas mediante la siguiente ecuación:

$$E_{ik} = FE_{ik} * C_k \dots\dots\dots A.2.1$$

Donde:

E_{ik} = Emisión del contaminante i [kg/año] asociado al combustible k .
 FE_{ik} = Factor de emisión del contaminante i [kg/m³] asociado al combustible k . Tabla A.2.1

C_k = Volumen de combustible k [m³/año], ver Tabla A.2.2.

Tabla A.2.1 Factores de emisión por combustión sin control

Tipo de combustible	Factores de emisión por contaminante								Unidades
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	CO	COT	COV	CH ₄	
	Calderas industriales/comerciales/institucionales <3000 c.c.								
Gas natural	121.6	121.6	9.6	1,600	1,344	176	88	36.8	kg/millón m ³
Gas LP	0.053	0.053	0.0002	1.728	0.238	0.065	0.042	0.024	kg/m ³
	Hornos, quemadores y estufas								
Gas natural	182.8	182.8	9.6	1,505	640	180	90	36.8	kg/millón m ³

Fuente: AIRCHIEF V.8. Copilation of Air Pollutant Emission Factors, V.I Stationary Point and Area Sources Fifth Edition. Cap. 1.4 Natural Gas Combustion " Tablas 1.4-1; 1.4-2"; Cap. 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion " Tabla 1.5-1".

Las emisiones de HCT, se obtuvieron utilizando la siguiente relación:

$$E_{HCT} = E_{COT} - E_{Aldh}$$

Lo que implicó calcular las emisiones de los aldehídos, para esto se utilizó el factor de emisión¹ para gas LP de 0.0047 kg/m³ y para el gas natural de 1.42 kg/millón m³.

Tabla A.2.2 Consumo de combustible en el sector industrial, comercial e institucional [m³/año]

Entidad federativa	Comercial/institucional	Industrial	Residencial	
	(Gas LP)	(Gas Natural)	(Gas LP)	(Gas Natural)
Distrito Federal	424,686	203,028,859	1,012,919	68,257,422
Estado de México	268,721	1,155,620,038	987,324	0
ZMVM	693,407	1,358,648,897	2,000,243	68,257,422

Fuente: El consumo y la distribución del combustible, fueron obtenidos basándose en datos de Pemex, de la Secretaria de Energía y del consumo de combustible reportado en la COA.

Combustión industrial, comercial e institucional

En este sector, se incluyen las emisiones por combustión de gas LP en todos los establecimientos comerciales e institucionales y la combustión de gas natural, de las industrias que no reportaron sus consumos ante la autoridad ambiental para ser evaluadas y reportadas individualmente en el inventario de fuentes fijas. Tabla A.2.3

¹ Environmental Protection Agency U.S. Emission Factor and Inventory Group and Eastn Research Group, INC/ Documentation For Tehe 1996 Base Year National Toxics Inventory For Area Sorces. May31, 2001

Tabla A.2.3 Emisiones en el sector industrial, comercial e institucional

Contaminante	Emisiones [ton/año]						Emisiones totales ZMVM
	Comercial/institucional			Industrial			
	D.F.	E.M.	ZMVM	D.F.	E.M.	ZMVM	
PM ₁₀	22.5	14.2	36.8	35.5	156.3	191.9	228.7
PM _{2.5}	22.5	14.2	36.8	35.5	156.3	191.9	228.7
SO ₂	0.1	0.1	0.1	2.8	12.3	15.1	15.2
CO	101.1	64.0	165.0	392.5	1,728.1	2,120.6	2285.6
NO _x	733.9	464.3	1198.2	467.3	2,057.2	2,524.5	3722.7
COV	17.8	11.3	29.1	25.7	113.1	138.8	167.9
COT	27.6	17.5	45.1	51.4	226.3	277.7	322.8
CH ₄	10.2	6.4	16.6	10.8	47.3	58.1	74.7
NH ₃	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
HCNM	15.4	9.8	25.2	40.2	177.1	217.4	242.6
HCT	25.6	16.2	41.8	51.0	224.5	275.5	317.3
Aldehidos.	2.0	1.3	3.3	0.4	1.8	2.2	5.5

Combustión habitacional

Este subsector, esta referido a la combustión en estufas y boilers de casas habitación que utilizan como combustible gas natural y/o gas LP, para la cocción de alimentos y calentamiento de agua.

Con datos de Pemex y de la Secretaria de Energía, se estima que en el año 2000, el suministro de gas LP al sector residencial en la ZMVM, fue de 2,092,661 m³, de los cuales por fugas se pierden 92,419 m³, por lo tanto para estimar las emisiones por combustión sólo se considera 2,000,243 m³. Tabla A.2.4

Tabla A.2.4 Consumo de combustible y estimación de emisiones por combustión habitacional

Consumo de combustible [m ³]	Distrito Federal			Estado de México			ZMVM			
	Gas LP	Gas natural	Total	Gas LP	Gas Natural	Total	Gas LP	Gas Natural	Total	
	1,012,919	68,257,422		987,324			2,000,243	68,257,422		
Emisiones [ton/año]	PM ₁₀	53.7	12.5	66.2	52.3		52.3	106.0	12.5	118.5
	PM _{2.5}	53.7	12.5	66.2	52.3		52.3	106.0	12.5	118.5
	SO ₂	0.2	0.7	0.9	0.2		0.2	0.4	0.7	1.1
	CO	241.1	43.7	284.8	235.0		235.0	476.1	43.7	519.7
	NO _x	1,750.3	102.7	1,853.1	1,706.1		1,706.1	3,456.4	102.7	3,559.1
	COV	42.5	6.1	48.7	41.5		41.5	84.0	6.1	90.2
	COT	65.8	12.3	78.1	64.2		64.2	130.0	12.3	142.3
	CH ₄	24.3	2.5	26.8	23.7		23.7	48.0	2.5	50.5
	NH ₃	N/E	N/E	N/E	N/E		N/E	N/E	N/E	N/E
	HCNM	36.8	9.7	46.4	35.8		35.8	72.6	9.7	82.3
	HCT	61.1	12.2	73.3	59.5		59.5	120.6	12.2	132.8
	Aldehidos	4.8	0.1	4.9	4.6		4.6	9.4	0.1	9.5

*NRC.- Pemex no reporta en el año 2000, consumo de gas natural para el Estado de México.

A.2.2 Fuentes móviles que no circulan por carretera

Operación de locomotoras foráneas y de patio

En el presente inventario se evaluaron las emisiones generadas por la combustión de diesel en las locomotoras de patio y foráneas.

La estimación se realiza con el producto del combustible utilizado por las locomotoras y el factor de emisión correspondiente, estos factores se presentan en la Tabla A.2.5

Tabla A.2.5 Factores de emisión para locomotoras de patio “FE_{LP}” [kg/lit]

PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COR	CH ₄	HCNM	HCT	Aldehidos*
0.0014	0.000668	0.0075	0.0591	0.0025	0.00243	N/E	A	B	4.7*10 ⁻⁶

Fuente: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

El factor de emisión para bióxido de azufre, se obtiene aplicando la siguiente relación:

$$FE_{[kgSO_2/lts]} = \text{Densidad del combustible [kg/lts]} * \text{Contenido de azufre[\%w]} * 2[kgSO_2/Kg S]$$

Donde:

Densidad del combustible = 0.835 kg/lts (Fuente: PEMEX Refinación, 2001)

Contenido de azufre = 0.04 %w (Fuente: PEMEX Refinación, 2001)

$$FE_{[SO_2]} = 0.000668 [kg SO_2/lts combustible]$$

El volumen de combustible utilizado en las locomotoras de patio, es calculado con la información de la tabla A.2.6, además de considerar un rendimiento del diesel de 146.1 litros por hora de operación², con base en la siguiente ecuación:

$$C_{CLP} = NUM_{LOD} * NUM_{VD} * TO_{LD} * R * NUM_{VS} * 54 \dots\dots\dots A.2.2$$

Donde:

C_{CLP} = Consumo de combustible para locomotoras de patio [lts/año].

NUM_{LOD} = Número de locomotoras por día de operación.

NUM_{VD} = Número de viajes por día y locomotora.

TO_{LD} = Tiempo de operación diaria por locomotora [hr/día].

R = Rendimiento de combustible [lts/km].

NUM_{VS} = Número de viajes por semana.

54 = Número de semanas por año.

² Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V. / Subdirección de Transporte. Programa de administración y operación de locomotoras foráneas y de patio y factores de rendimiento de diesel, ZMVM 2000.

Tabla A.2.6 Nivel de actividad y consumo de diesel estimado en locomotoras de patio

Patio/Sector	Destino/Área de operación	NUM _{LOD}	NUM _{VS}	NUM _{VD}	TO _{LD}	C _{CLP} [lt/año]
Valle de México	Tlalnepantla	7	7	1	8	3,092,645
Pantaco	Azcapotzalco	1	7	1	8	441,806
Lechería	Tultitlán	4	7	1	8	1,767,226
Xalostoc	Ecatepec	2	6	1	8	757,382
Vallejo	Azcapotzalco	1	18	3	8	3,408,221
Julia	Miguel Hidalgo	2	18	3	8	6,816,442
Tlalnepantla	Tlalnepantla	4	18	3	8	13,632,883
Peralvillo	Gustavo A. Madero	1	6	1	8	378,691
Tacuba-Naucalpan	Naucalpan	1	6	1	8	378,691
Consumo de combustible por entidad federativa						
Distrito Federal					40	11,045,160
Estado de México					40	19,628,827
ZMVM					80	30,673,987

Fuente: Estimaciones con datos de la Terminal Ferroviaria del Valle de México

El consumo de diesel quemado por las locomotoras foráneas, se estimó tomando los datos de la tabla A.2.6 y considerando el mismo rendimiento del diesel, utilizado en las locomotoras de patio, con base en la siguiente ecuación

$$C_{CLF} = KR_V * NUM_{VD} * 2 * NUM_{VS} * 54 * R \dots\dots\dots A.2.3$$

Donde:

- C_{CLF} = Consumo de combustible para locomotoras foráneas [lts/año].
- KR_V = Kilómetros de vía en operación [km].
- NUM_{VD} = Número de viajes por día.
- 2 = Ciclo de operación. "Todas las locomotoras regresan al punto de salida, así se complementa el ciclo de operación"
- NUM_{VS} = Número de viajes o ciclos de operación por semana.
- 54 = Número de semanas por año.
- R = Rendimiento de combustible [lts/km].

Tabla A.2.7 Estimación del combustible quemado por entidad federativa

ID_Tren*	Líneas	KR _v		NUM _{VD}	NUM _{VS}	C _{CLF} [lt/año]		
		D.F.	EDOMEX			DF	EDOMEX	ZMVM
PBA	A-S	3.626	14.064	1	3	3,642	14,126	17,768
TMXBAR	A, B	0.567	28.796	1	6	1,139	57,845	58,984
IMXJZ	B	4.228	16.634	1	1	1,416	5,569	6,985
DMC	B-H-SH-S-G	7.287	18.192	1	7	17,078	42,635	59,713
2DMC	B-H-SH-S-G	7.287	18.192	1	7	17,078	42,635	59,713
3DMC	B-H-SH-S-G	7.287	18.192	1	7	17,078	42,635	59,713
4DMC	B-H-SH-S-G	7.287	18.192	1	7	17,078	42,635	59,713
TMXCUAU	S-VK	6.550	21.439	1	3	6,578	21,533	28,112
TMXECA	S	3.059	14.064	1	6	6,145	28,252	34,397
DMXGD	B	4.228	16.634	1	7	9,909	38,983	48,892
2DMXGD	B	4.228	16.634	1	7	9,909	38,983	48,892
TMXHUE	A-B	4.795	28.796	1	6	9,632	57,845	67,478
TMXHUIC	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
CMXIR	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
QMXIR	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
TMI	B-H	4.228	20.762	1	3	4,247	20,853	25,100
TMXREY	S-VK	6.550	25.735	1	6	13,157	51,696	64,853
FXXMZ	B	4.228	16.634	1	3	4,247	16,707	20,954
IMXMZ	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
DMXMY	MOR-JUA	0.000	0.000	1	7	0	0	0
2DMXMY	MOR-JUA	0.000	0.000	1	5	0	0	0
DMXNL	MOR-B-BC	0.000	0.000	1	7	0	0	0
IPANL	MOR-JUA	0.000	0.000	1	6	0	0	0
APANL	MOR-JUA	0.000	0.000	1	6	0	0	0
2DMXNL	MOR-JUA	0.000	0.000	1	7	0	0	0
OMP	S-TS	3.059	36.077	1	7	7,169	84,550	91,719
2OMP	S-TS	3.059	36.077	1	7	7,169	84,550	91,719
3OMP	S-TS	3.059	36.077	1	7	7,169	84,550	91,719
TMXSJ	B	4.228	16.634	1	3	4,247	16,707	20,954
WMXTRI	A-H-SH-S-VK	7.601	83.537	1	6	15,268	167,809	183,077
WMXTEO	A-B-H-VK-S	7.601	83.537	1	6	15,268	167,809	183,077
TMXTEO	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
DMXTL	MOR-JUA	0.000	0.000	1	7	0	0	0
DMXTO	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
TMT	A-AB-B	4.795	16.634	1	6	9,632	33,414	43,047
DMV	S	3.059	24.878	1	7	7,169	58,304	65,473
2DMV	B-TS	4.228	16.154	1	7	9,909	37,859	47,767
DMXVC	B-H-SH-V	7.287	29.863	1	7	17,078	69,987	87,065
IMV	B-H-SH-S	7.287	18.192	1	2	4,879	12,181	17,061
2DMXVC	B-H-SH-S	7.287	18.192	1	7	17,078	42,635	59,713
IPAVC	B-H-SH-S	7.287	18.192	1	1	2,440	6,091	8,530
XTMXVIT	B	4.228	16.634	1	6	8,493	33,414	41,908
Total		174.868	843.442	42	239	322,259	1,623,276	1,945,544

Fuente: DIME-SMA-DF con datos de la Terminal Ferroviaria del Valle de México "TFVM".

*ID_TREN: Clave de identificación de la locomotora foránea.

Para estimar las emisiones (Tabla A.2.8 y Tabla A.2.9), se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_i = (CI * FE_{il})/1000 \dots \dots \dots A.2.4$$

Donde

E_i = Emisión del contaminante i [ton/año].

CI = Consumo de combustible por tipo de locomotora I [lts/año].

FE_{il} = Factor de emisión del contaminante i [kg/lts] por tipo de locomotora I .

1000 = Factor de conversión de kilogramos a toneladas.

Se estima que las emisiones de COV son del 97.2% de los COT³; por otra parte las emisiones de metano se consideran no son significativas, por lo que las emisiones de HCNM=HCT=COT.

Tabla A.2.8 Estimación de emisiones en locomotoras de patio

Destino/Área de operación	Emisiones [ton/año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Tlalnepantla	4.33	2.07	23.19	182.78	7.73	7.52
Azcapotzalco	0.62	0.30	3.31	26.11	1.10	1.07
Tultitlán	2.47	1.18	13.25	104.44	4.42	4.29
Ecatepec	1.06	0.51	5.68	44.76	1.89	1.84
Azcapotzalco	4.77	2.28	25.56	201.43	8.52	8.28
Miguel Hidalgo	9.54	4.55	51.12	402.85	17.04	16.56
Tlalnepantla	19.09	9.11	102.25	805.70	34.08	33.13
Gustavo A. Madero	0.53	0.25	2.84	22.38	0.95	0.92
Naucalpan	0.53	0.25	2.84	22.38	0.95	0.92
Emisiones por entidad federativa						
Área de operación	Emisiones [ton/año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	15.46	7.38	82.84	652.77	27.61	26.84
Estado de México	27.48	13.11	147.22	1,160.06	49.07	47.70
ZMVM	42.94	20.49	230.05	1,812.83	76.68	74.54

Tabla A.2.9 Estimación de emisiones en locomotoras foraneas

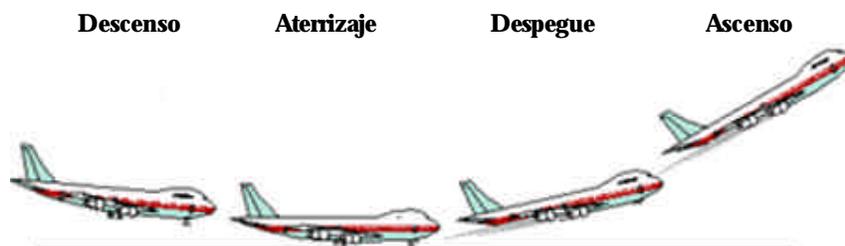
Entidad Federativa	Consumo de diesel [lts/año]	Emisiones [ton/año]					
		PM	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	322,258	0.451	0.215	2.417	19.045	0.806	0.783
EdoMéx	1,623,281	2.273	1.084	12.175	95.936	4.058	3.945
ZMVM	1,945,539	2.724	1.300	14.592	114.981	4.864	4.728

³ Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. Pág 5-2 a 5-7.

Operación de aeronaves

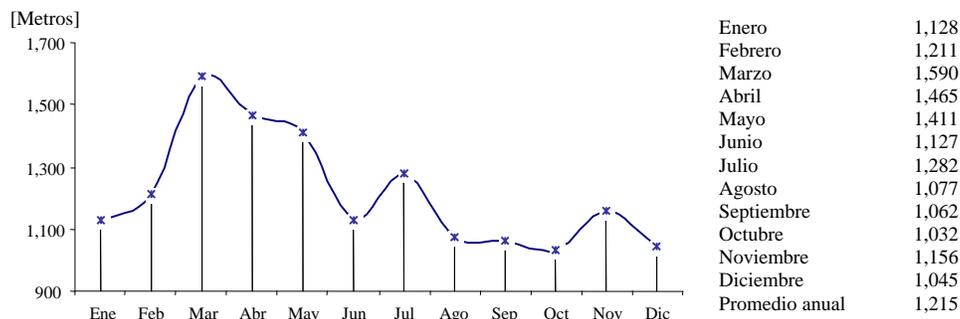
Las emisiones generadas por las aeronaves en las operaciones de vuelo y maniobras son directamente proporcionales al número de ciclos de operaciones de vuelo que se realizan en el aeropuerto y se conocen como LTOs por sus siglas en inglés, esta actividad se realiza en cuatro modos de operación (Figura A.2.1) y a diferentes períodos de tiempo por modo de operación (TIM), los cuales están en función de la altura de capa de mezclado en el área de estudio.

Figura A.2.1 Modos de operación en un ciclo de vuelo “Aterrizaje-Despegue”



Con datos de la zona de estudio, se determinó la altura de capa de mezclado máxima promedio mensual (AMPM). Gráfica A.2.1.

Gráfica A.2.1 Perfil altura de mezclado máxima promedio mensual (AMPM)



Fuente: DIME-SMA-DF, con datos del Servicio Meteorológico Nacional

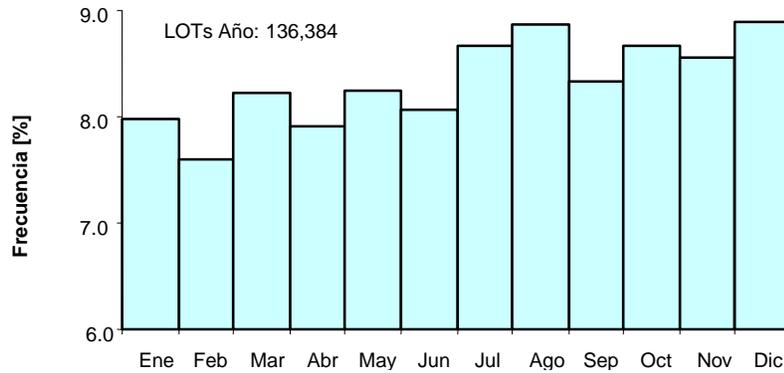
Las emisiones se calcularon con base en el programa FAEED⁴, el cual estima las emisiones de óxidos de azufre (SOx), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (HCT).

Cálculo de ciclos de operación de vuelo “LOT’s”

El número de ciclos de operación se determina con la suma de las operaciones de llegada y salida por tipo de aeronave; durante el año a inventariar se registraron 136,384 operaciones de vuelo, un promedio de 11,365 operaciones por mes, como lo muestra la Gráfica A.2.2.

4 U.S. Environmental Protection Agency “EPA”. FAA Aircraft Engine Emission User Guide and Database (FAEED 3.1) <http://www.epa.gov/otaq/aviation.htm>

Gráfica A.2.2 Frecuencia de operaciones de vuelo en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, 2000



Fuente: DIME-SMA-DF, con datos del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México "AICM"

Estimación del tiempo en modo (App_TIM, Cli_Tim)

Para utilizar el modelo FAEED, fue necesario primero ajustar el tiempo en modo de operación (TIM) de aproximación (App) y ascenso (Cli), con base en la altura de mezclado máxima promedio anual; el procedimiento de ajuste se obtiene por diferencia de altura de mezclado mediante la ecuación A.2.5 y A.2.6, en ellas se observa que una fracción se encuentra encerrada en un cuadro y esta fracción es conocida como factor de corrección o factor de ajuste al tiempo en modo de operación,

$$\text{TIM}_{\text{App}} = \text{TIM}_{\text{App-Def}} * \left[\frac{H}{900} \right] \dots\dots\dots \text{A.2.5}$$

fc_{App}

$$\text{TIM}_{\text{Cli}} = \text{TIM}_{\text{Cli-Def}} * \left[\frac{H-150}{750} \right] \dots\dots\dots \text{A.2.6}$$

fc_{Cli}

Donde:

- TIM App= Tiempo real en modo de aproximación [minutos].
- TIMApp-Def= Tiempo modo de aproximación por omisión [minutos] "programa FAEED.
- TIMCli = Tiempo real en modo de ascenso [minutos].
- TIMCli-Def = Tiempo en modo de ascenso por omisión [minutos] "programa FAEED".
- fc Cli= Factor de corrección del tiempo en modo de ascenso.
- fc App = Factor de corrección del tiempo en modo de aproximación.
- H= AMPM a condiciones locales para el tiempo y región de interés [metros]

Estimación del factor de corrección (fc APP, fc Cli)

Este factor fue calculado por el cociente que se encuentra enmarcado en las ecuaciones A.2.5 y A.2.6 obteniendo los resultados de la Tabla A.2.10.

Tabla A.2.10 Factor de corrección

Mes	AMPM	*AMPM	Factor de corrección	
			fc App	fc Cli
Enero	1,128	900	1.25	1.30
Febrero	1,211	900	1.35	1.41
Marzo	1,590	900	1.77	1.92
Abril	1,465	900	1.63	1.75
Mayo	1,411	900	1.57	1.68
Junio	1,127	900	1.25	1.30
Julio	1,282	900	1.42	1.51
Agosto	1,077	900	1.20	1.24
Septiembre	1,062	900	1.18	1.22
Octubre	1,032	900	1.15	1.18
Noviembre	1,156	900	1.28	1.34
Diciembre	1,045	900	1.16	1.19
Anual	1,215	900	1.35	1.42

*AMPM: Altura máxima promedio de mezclado "modelo FAEED"

AMPM: Altura máxima promedio de mezclado "monitoreo"

Ajuste del tiempo en modo (Cli_TIM, App_TIM)

Para obtener el ajuste de los tiempos en modo Cli_TIM y App_TIM para las condiciones locales, se realiza la siguiente rutina:

- a) Capturar la información sobre el tipo de aeronave y número de operaciones de vuelo en el programa FAEED, abrir la base de datos en Excel e identificar las celdas Cli_TIM y App_TIM, cada una de ellas contiene el tiempo en modo por omisión.
- b) Se estima el tiempo en modo real, utilizando el factor de corrección por modo de operación (tabla A.2.10) y con las ecuaciones A.2.5 y A.2.6 respectivamente.
- c) Los resultados se reportan en la tabla A.2.11 (aproximación) y tabla A.2.12 (ascenso).
- d) Ajustados los tiempos en modo de operación, se procede a la estimación de emisiones utilizando el programa FAEED 3.1. El manual del usuario especifica el procedimiento de captura de la información.
- e) Capturada la información por archivo, seleccione View/Print pollutants produced by current inventory, esta acción mostrara en pantalla las características del tipo de aeronave seleccionada, su nivel de actividad, tiempos en modo de operación y el nivel de emisión que genera por tipo de aeronave, como lo muestra la figura A.2.2; sin embargo se realizaron corridas mensuales, la gráfica A.2.3 muestra el perfil de emisiones mensuales por tipo de contaminante y la tabla A.2.13 muestra las emisiones estimadas por la operación de aeronaves en el año 2000, obtenidas con el programa FAEED.

Tabla A.2.11 Tiempo en modo de aproximación (App_TIM) mensual por tipo de aeronave.

AC_MODEL	TIM _{App-Def}	TIM _{App}												Anual
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
AN-72	2.2	2.87	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
SE 210 CARAVELL	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B707-300B	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B52-H	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
B727-100	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B737-200	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B737-300	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B747-300	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B747 (CARG)	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B757-200	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B767-300	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
C-12A/B/C	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
337H SKYMASTER	2.5	3.55	3.54	4.80	4.38	4.20	3.26	3.77	3.09	3.04	2.94	3.35	2.98	3.55
CONVAIR-LINER	2.5	3.55	3.54	4.80	4.38	4.20	3.26	3.77	3.09	3.04	2.94	3.35	2.98	3.55
CESSNA 150	4.98	7.07	7.04	9.56	8.73	8.37	6.49	7.51	6.15	6.05	5.86	6.68	5.94	7.07
FALCON 50	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
FALCON 20	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
F-15 EAGLE	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
DC-10	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
DC8	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
DHC-6	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
A340-200	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
A320	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
A300B	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
A330	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
B52	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
FALCON 100	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
F-14A	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
F100	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
GULFSTREAM 3	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
IL-62M	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
IL-62M	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
IL-86	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
C-141	2.5	3.55	3.54	4.80	4.38	4.20	3.26	3.77	3.09	3.04	2.94	3.35	2.98	3.55
F-16	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
JETSTAR	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
L-1011-500	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
LEARJET 24D	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
35/36	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
35/36	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
L-1011-100	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
MD-11	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12
MU-300 (DIA.I)	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
HH-3E	6.5	9.23	9.19	12.48	11.40	10.93	8.47	9.81	8.03	7.90	7.64	8.72	7.75	9.23
SABRELINER 75A	0.5	0.71	0.71	0.96	0.88	0.84	0.65	0.75	0.62	0.61	0.59	0.67	0.60	0.71
TU-134B	2.2	3.12	3.11	4.22	3.86	3.70	2.87	3.32	2.72	2.67	2.59	2.95	2.62	3.12

TIMApp-Def : Tiempo en modo de ascenso "modelo FAEDD"

TIMApp :Tiempo en modo de ascenso como una función de la altura máxima promedio de mezclado

Tabla A.2.12 Tiempo en modo de ascenso (Cli_TIM) mensual por tipo de aeronave

AC_MODEL	TIM _{Cli-Def}	TIM _{Cli}												
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
AN-72	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
SE 210 CARAVELL	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B707-300B	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B52-H	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
B727-100	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B737-200	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B737-300	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B747-300	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B747 (CARG)	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B757-200	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B767-300	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
C-12A/B/C	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
337H SKYMASTER	4.5	5.87	6.36	8.64	7.89	7.57	5.86	6.79	5.56	5.47	5.29	6.04	5.37	6.39
CONVAIR-LINER	4.5	5.87	6.36	8.64	7.89	7.57	5.86	6.79	5.56	5.47	5.29	6.04	5.37	6.39
CESSNA 150	6	7.82	8.49	11.52	10.52	10.09	7.82	9.05	7.41	7.29	7.05	8.05	7.16	8.52
FALCON 50	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
FALCON 20	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
F-15 EAGLE	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
DC-10	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
DC8	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
DHC-6	4.5	5.87	6.36	8.64	7.89	7.57	5.86	6.79	5.56	5.47	5.29	6.04	5.37	6.39
A340-200	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
A320	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
A300B	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
A330	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
B52	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
FALCON 100	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
F-14A	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
F100	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
GULFSTREAM 3	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
IL-62M	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
IL-62M	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
IL-86	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
C-141	4.5	5.87	6.36	8.64	7.89	7.57	5.86	6.79	5.56	5.47	5.29	6.04	5.37	6.39
F-16	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
JETSTAR	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
L-1011-500	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
LEARJET 24D	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
35/36	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
35/36	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
L-1011-100	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
MD-11	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68
MU-300 (DIA.I)	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
HH-3E	6.5	8.47	9.19	12.48	11.40	10.93	8.47	9.81	8.03	7.90	7.64	8.72	7.75	9.23
SABRELINER 75A	1.6	2.09	2.26	3.07	2.81	2.69	2.08	2.41	1.98	1.94	1.88	2.15	1.91	2.27
TU-134B	4	5.21	5.66	7.68	7.01	6.72	5.21	6.03	4.94	4.86	4.70	5.37	4.77	5.68

TIMApp-Def : Tiempo en modo de ascenso "modelo FAEDD"

TIMApp :Tiempo en modo de ascenso como una función de la altura máxima promedio de mezclado

**Figura A.2.2 Resumen de emisiones del programa FAED
Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México**

UNID	AC_MODEL	AC_MFGR	ENG_ID	NUM_ENGS	ENG_MFGR
218	AN-72	RUSSIAN	D-36	2	ZMKB
4	SE 210 CARAVELL	AEROSPATIALE	JT8D-9	2	P&W
494	B707-300B	BOEING	JT3D-3B	4	P&W
173	B52-H	BOEING	TF33-P-3	8	P&W
529	B727-100	BOEING	JT8D-7, 7A & 7B (REC)	3	P&W
10	B737-200	BOEING	JT8D-17	2	P&W
330	B737-300	BOEING	CFM56-3-B1	2	CFMI
322	B747-300	BOEING	CF6-50E2	4	GE
18	B747 (CARG)	BOEING	JT9D-7F (MOD V)	4	P&W
1	B757-200	BOEING	PW2037	2	P&W
544	B767-300	BOEING	PW4060	2	P&W
149	C-12A/B/C	BEECH	PT6A-41	2	P&W
160	337H SKYMASTER	CESSNA	TS10-360C	2	TEL/CON
226	CONVAIR-LINER	GENERAL DYNAMIC	DART RDA7	2	RR
456	CESSNA 150	CESSNA	0-200	2	

File: FLOMEX00.dbf

TOTAL POLLUTANTS ARE AS FOLLOWS:

TOTAL LTOs	SUM HC	SUM CO	SUM NOx	SUM SOx	SMOKE No.
MET 136384	1512974.6	2366382.3	1344035.7	14.860	35.00
ENG 136384	3335503.7	5216926.3	2963061.3	32.820	35.00

For units, press F2. Press F10 to print this data. Press ESC to exit.

**Gráfica A.2.3 Perfil de emisiones mensuales
Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, 2000**

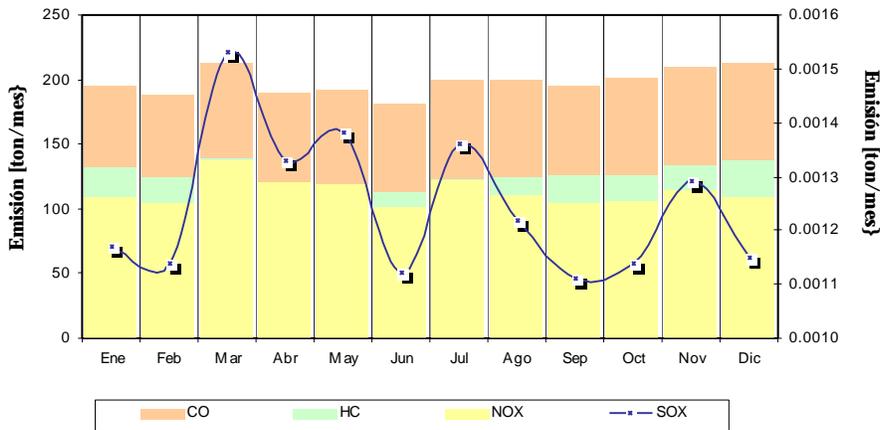


Tabla A.2.13 Emisión por operación de aeronaves

Emisiones [ton/año]			
SO ₂	CO	NOx	HCT
0.01	2,366	1,344	1,513

La emisión de compuestos orgánicos totales COT se puede estimar con la siguiente ecuación.

$$\left(\frac{\text{COV}}{\text{COT}} \right) = 0.96 ; \quad \left(\frac{\text{COV}}{\text{HC}} \right) = 0.9708$$

La emisión de aldehídos es del 18.46% de los COT⁵, la emisión de metano es del 9.6% de los COT.

Las emisiones de partículas PM₁₀, fueron estimadas considerando el factor de emisión propuesto por la EPA en función al número de ciclos de operación de vuelo “0.10736 kg/LOTS”, el producto de este factor y el número de ciclos de operaciones de vuelo para el 2000 (136,384 LOTS/año), dá como resultado la emisión de partículas a la atmósfera.

Por otra parte las emisiones de partículas menores a 2.5 micrómetros, se calculan considerando que el 96.7% de PM₁₀ es PM_{2.5}⁶.

Tabla A.2.14 Emisión del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Emisiones [ton/año]						
COT	COV	HCNM	CH ₄	Aldehídos	PM ₁₀	PM _{2.5}
1,530	1,468.8	1,366	146.8	282.4	14.6	14.1

Terminales de autobuses.

Para realizar los cálculos de las emisiones contaminantes producidas por la actividad de los autobuses de pasajeros que llegan a las centrales de autobuses del Distrito Federal, es necesario determinar el número de autobuses que permanecen parados dentro de estas.

Para lo cual es necesario conocer la composición por año modelo de la flota de autobuses federales y el número de corridas que realizan anualmente.

5 Environmental Protection Agency U.S. Emission Factor and Inventory Group (MD-14) Emissions, Monitoring and Analysis Division/ Documentation for the 1996 Base Year National Toxics Inventory For Aircraft Sources, June 2 2000, www.epa.gov/ttn/chieffnti/aircrrpt.pdf.

6 California Emission Inventory And Reporting System (CEIDARS) – Particulate Matter (PM) Speciation Profiles-Summary of Overall Size Fractions and Referenc Documentation.

Tabla A.2.15 Distribución por año modelo de la flota de autobuses.

Año Modelo	Norte	Oriente	Poniente	Sur
1976 y ant.	13,814	9,503	10,394	4,965
1977	1,962	1,350	1,476	705
1978	2,119	1,458	1,594	762
1979	2,512	1,728	1,890	903
1980	2,433	1,674	1,831	874
1981	1,648	1,134	1,240	592
1982	1,648	1,134	1,240	592
1983	2,512	1,728	1,890	903
1984	10,517	7,235	7,913	3,780
1985	14,206	9,772	10,689	5,106
1986	15,305	10,528	11,516	5,501
1987	10,360	7,127	7,795	3,724
1988	13,343	9,179	10,039	4,795
1989	12,323	8,477	9,272	4,429
1990	14,520	9,988	10,925	5,219
1991	52,273	35,958	39,330	18,787
1992	49,918	34,339	37,559	17,941
1993	66,557	45,785	50,078	23,921
1994	81,862	56,313	61,594	29,421
1995	44,816	30,829	33,720	16,107
1996	34,142	23,486	25,689	12,271
1997	55,726	38,334	41,929	20,028
1998	105,331	72,457	79,252	37,854
1999	42,854	29,479	32,244	15,402
2000	132,173	90,922	99,448	47,503
Total	784,874	539,917	590,547	282,085

Fuente: Estadística Básica. Autotransporte Federal de Turismo. SCT, 2000.

Tabla A.2.16 Número de corridas por terminal de autobuses.

Terminal	No. de corridas al año
Norte	784,874
Oriente	539,917
Poniente	590,547
Sur	282,085

Fuente: Estadística Básica. Servicios Auxiliares del Autotransporte. SCT, 2000.

En este caso la actividad vehicular no está expresada en kilómetros, como en las fuentes móviles carreteras, ya que los autobuses no realizan ningún recorrido (permanecen parados pero con el motor funcionando), por lo cual la actividad esta expresada en tiempo, esto es, el tiempo estimado que los autobuses permanecen parados con el motor encendido. En este caso se utilizó un tiempo de 15 minutos, que es el mismo valor que se recomienda en el Manual V del Programa de Inventarios de Emisiones para México, 1997.

Todos los factores de emisión fueron obtenidos de manera similar que en el caso de fuentes móviles carreteras:

Para HCT, CO y NOx se utilizó el modelo MOBILE5-México, desarrollado por la US EPA y modificado para diversas zonas de la República Mexicana. La información

proporcionada a este modelo y su correspondiente archivo de entrada son básicamente los mismos; la diferencia es la velocidad promedio (4 km/hr), que es la más baja permitida en el modelo y por lo tanto la más cercana al reposo, y que los resultados son para factores de emisión de escape de los autobuses a diesel (HDDV). También se hizo la corrida de otro archivo similar pero reportando compuestos orgánicos totales (COT).

El factor de emisión para los compuestos orgánicos volátiles (COV) fue obtenido en relación con el factor de emisión para los COT, de acuerdo al Manual V del Programa de Inventario de Emisiones para México, en donde:

$$\text{COV} = 0.957 \text{ COT}$$

En el caso de la emisión para los hidrocarburos como metano, también se obtuvo a partir del factor de emisión para hidrocarburos totales (HCT):

$$\text{CH}_4 = 0.041 \text{ HCT}$$

El valor del factor de emisión para hidrocarburos no metánicos (HCNM) es la diferencia entre el factor de emisión para hidrocarburos totales (HCT) y el factor de emisión para metano (CH₄):

$$\text{HCNM} = \text{HCT} - \text{CH}_4$$

Para las emisiones de PM₁₀, se utilizó como base el factor de emisión para vehículos que utilizan diesel como combustible reportado 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. Este factor es con respecto a una velocidad promedio de 33 km/hr y por medio de una regla de tres se obtuvo el factor correspondiente a 4 km/hr:

Factor de emisión PM₁₀ a 33 km/hr = 1.5 gr/km

Factor de emisión PM₁₀ a 4 km/hr = 0.1818 gr/km

El factor de emisión para PM_{2.5} es calculado con las fracciones de tamaño de partículas reportados por el Comité de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés) como parte de su programa de desarrollo de inventarios de emisiones.

PM_{2.5} = 0.92 PM₁₀

PM_{2.5} = 0.1673 gr/km

Finalmente, en el caso de las emisiones de NH₃ se utilizaron los factores de emisión presentados por el *Comité de Recursos del Aire de California en el taller denominado Workshop of ammonia emissions inventory development, realizado en julio de 1998 y los desarrollados en el estudio Investigation of emission rates of ammonia and other toxic low level compounds, realizado por el Centro para la investigación ambiental y tecnológica de la Universidad de California*, en septiembre de 2001; cabe mencionar que los factores de emisión para PM₁₀, PM_{2.5} y NH₃ son iguales para todos los años modelo.

NH₃ = 0.00192 gr/Km

Tabla A.2.17 Factores de emisión por año modelo.

Factores de emisión [kg del contaminante/km]							
Año Modelo	CO	NOx	HCT	HCNM	CH₄	COT	COV
1976 y ant.	0.0468	0.0317	0.0139	0.0133	0.0006	0.0144	0.0138
1977	0.0468	0.0317	0.0139	0.0133	0.0006	0.0144	0.0138
1978	0.0466	0.0316	0.0139	0.0133	0.0006	0.0143	0.0137
1979	0.0468	0.0318	0.014	0.0134	0.0006	0.0144	0.0138
1980	0.0468	0.0317	0.0139	0.0133	0.0006	0.0144	0.0138
1981	0.0462	0.0313	0.0138	0.0132	0.0006	0.0142	0.0136
1982	0.046	0.0312	0.0137	0.0131	0.0006	0.0142	0.0136
1983	0.0461	0.0313	0.0137	0.0131	0.0006	0.0142	0.0136
1984	0.0459	0.0312	0.0137	0.0131	0.0006	0.0142	0.0136
1985	0.0457	0.031	0.0136	0.013	0.0006	0.0141	0.0135
1986	0.0458	0.0311	0.0137	0.0131	0.0006	0.0141	0.0135
1987	0.0453	0.0308	0.0135	0.0129	0.0006	0.014	0.0134
1988	0.0452	0.0307	0.0135	0.0129	0.0006	0.014	0.0134
1989	0.0449	0.0305	0.0134	0.0129	0.0005	0.0139	0.0133
1990	0.0447	0.0304	0.0134	0.0129	0.0005	0.0138	0.0132
1991	0.0445	0.0303	0.0133	0.0128	0.0005	0.0138	0.0132
1992	0.045	0.0306	0.0135	0.0129	0.0006	0.014	0.0134
1993	0.0473	0.0234	0.01	0.0096	0.0004	0.0103	0.0099
1994	0.0395	0.0197	0.0084	0.0081	0.0003	0.0087	0.0083
1995	0.0416	0.0208	0.0089	0.0085	0.0004	0.0092	0.0088
1996	0.038	0.0191	0.0072	0.0069	0.0003	0.0074	0.0071
1997	0.0378	0.0191	0.0072	0.0069	0.0003	0.0074	0.0071
1998	0.0375	0.0191	0.0072	0.0069	0.0003	0.0074	0.0071
1999	0.0372	0.0191	0.0072	0.0069	0.0003	0.0074	0.0071
2000	0.0369	0.0191	0.0072	0.0069	0.0003	0.0074	0.0071

Para el cálculo de estas emisiones se utilizó la metodología recomendada en el Manual V del Programa de Inventario de Emisiones para México, en la que se indica que después de obtener los factores de emisión deberá aplicarse la siguiente ecuación:

$$E_{ijk} = [(NV_{ij}) (FE_{jk}) (V) (Tr)] / 1,000,000 \dots\dots\dots A.2.7.$$

Donde.

- E_{ijk} = Emisión en la terminal i, del vehículo año modelo j, del contaminante k [ton/año]
- NV_i = Número de vehículos del año modelo j, que se tienen en la terminal i [vehículos/año].
- FE_{jk} = Factor de emisión del vehículo año modelo j, del contaminante k [gr/km]
- V = Velocidad utilizada para obtener los factores de emisión [km/hr].
- Tr =Tiempo promedio que los vehículos permanecen en reposo [hr].
- 1,000,000 = Factor de conversión de gramos a toneladas.

Tabla A.2.18 Emisiones por año modelo de las terminales de autobuses.

Año Modelo	Emisión [ton/año]									
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NOx	HCT	HCNM	CH ₄	COV	COT	NH ₃
1976 y ant.	0.01	0.01	1.81	1.23	0.54	0.52	0.02	0.53	0.56	N/S
1977	0.00	0.00	0.26	0.17	0.08	0.07	0.00	0.08	0.08	N/S
1978	0.00	0.00	0.28	0.19	0.08	0.08	0.00	0.08	0.08	N/S
1979	0.00	0.00	0.33	0.22	0.10	0.09	0.00	0.10	0.10	N/S
1980	0.00	0.00	0.32	0.22	0.09	0.09	0.00	0.09	0.10	N/S
1981	0.00	0.00	0.21	0.14	0.06	0.06	0.00	0.06	0.07	N/S
1982	0.00	0.00	0.21	0.14	0.06	0.06	0.00	0.06	0.07	N/S
1983	0.00	0.00	0.32	0.22	0.10	0.09	0.00	0.10	0.10	N/S
1984	0.01	0.00	1.35	0.92	0.40	0.39	0.02	0.40	0.42	N/S
1985	0.01	0.01	1.82	1.23	0.54	0.52	0.02	0.54	0.56	N/S
1986	0.01	0.01	1.96	1.33	0.59	0.56	0.02	0.58	0.60	N/S
1987	0.01	0.00	1.31	0.89	0.39	0.38	0.02	0.39	0.41	N/S
1988	0.01	0.01	1.69	1.15	0.50	0.47	0.02	0.50	0.52	N/S
1989	0.01	0.01	1.55	1.05	0.46	0.43	0.02	0.46	0.48	N/S
1990	0.01	0.01	1.82	1.25	0.54	0.51	0.02	0.54	0.56	N/S
1991	0.03	0.02	6.51	4.43	1.95	1.85	0.08	1.93	2.02	N/S
1992	0.03	0.02	6.29	4.28	1.89	1.81	0.08	1.87	1.96	N/S
1993	0.03	0.03	8.81	4.36	1.86	1.79	0.08	1.84	1.92	N/S
1994	0.04	0.04	9.05	4.52	1.93	1.85	0.08	1.73	1.99	N/S
1995	0.02	0.02	5.22	2.61	1.12	1.07	0.05	1.10	1.15	N/S
1996	0.02	0.02	3.63	1.83	0.69	0.66	0.03	0.68	0.71	N/S
1997	0.03	0.03	5.90	2.98	1.12	1.08	0.05	1.11	1.15	N/S
1998	0.05	0.05	11.06	5.63	2.12	2.04	0.09	2.09	2.18	N/S
1999	0.02	0.02	4.46	2.29	0.86	0.83	0.04	0.85	0.89	N/S
2000	0.07	0.06	13.66	7.07	2.66	2.56	0.11	2.62	2.74	N/S
Total	0.40	0.37	89.80	50.40	20.70	19.80	0.90	20.30	21.40	N/S

Tabla A.2.19 Emisiones totales por terminal de autobuses

Terminal	Emisión [ton/año]									
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NOx	HCT	HCNM	CH ₄	COV	COT	NH ₃
Norte	0.14	0.13	32.1	18	7.3	7.1	0.3	7.3	N/S	
Oriente	0.10	0.09	22.1	12.4	5.1	4.8	0.3	5	N/S	
Poniente	0.11	0.10	24.1	13.5	5.6	5.4	0.2	5.5	N/S	
Sur	0.05	0.05	11.5	6.5	2.7	2.5	0.1	2.5	N/S	
Total	0.40	0.37	89.80	50.40	20.70	19.80	0.90	20.30	N/S	

N/S: No significativo

A.2.3 Uso de solventes

El cálculo de la estimación de emisiones para este sector, excepto la aplicación de asfalto, se realiza con la siguiente ecuación.

$$E_{i,j} = (FA) * (FE_{i,j}) \dots \dots \dots A.2.8$$

Donde:

$FE_{i,j}$ = Factor de emisión del contaminante i referido a la actividad j [kg/ hab/año].

FA = Factor o nivel de actividad del área de estudio [hab/año].

$E_{i,j}$ = Emisión en del contaminante i referido a la actividad j [kg/año].

El nivel de actividad (población) de la ecuación anterior se presenta en la tabla A.2.20

Tabla A.2.20 Indicadores de actividad

Entidad Federativa	Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Población 2000	8,366,386	8,605,239	16,971,625
% Población	49.3	50.7	100

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Diciembre 2001. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Distrito Federal, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Resultados Definitivos; Tabulados Básicos Nacionales por Entidad Federativa. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Recubrimientos de superficies industriales

Los recubrimientos para superficies industriales consisten en la aplicación de una capa de pintura, barniz o laca a un objeto con propósito decorativo y/o de protección, entre estos objetos se encuentran los de mobiliario, latas, automóviles, aviones y otros equipos de transporte, maquinaria, aparatos domésticos, madera, alambre y otros productos misceláneos y en operaciones de mantenimiento industrial, entre otras. Los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en la medida en que estos compuestos son utilizados y secan.

El factor de emisión y las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV se reportan en la Tabla A.2.21.

Tabla A.2.21 Emisiones por recubrimientos de superficies industriales

Contaminante	Factor de Emisión* [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	1.28	10,709	11,015	21,724
Compuestos Orgánicos Volátiles	1.26	10,580	10,883	21,463

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Pintura automotriz

El pintado automotriz en carrocerías engloba la reparación y restauración de automóviles, camiones ligeros y otros vehículos dentro de talleres pequeños como parte de la reparación de una colisión. Las emisiones se generan durante la limpieza de superficies, resanado, apresto, pintado y pulido, estas son influenciadas por el contenido de solventes en el producto.

El factor de emisión y las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV se reportan en la Tabla A.2.22

Tabla A.2.22 Emisiones por aplicación de pintura automotriz

Contaminante	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	0.14	1,171	1,205	2,376
Compuestos Orgánicos Volátiles	0.138	1,157	1,190	2,347

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Recubrimiento de superficies arquitectónicas

Los recubrimientos para superficies arquitectónicas tienen el propósito de proteger y mejorar la superficie de interiores y exteriores de sus construcciones. Este proceso involucra la aplicación de una capa de recubrimiento (eje. pintura, barniz o laca entre otros) a las superficies arquitectónicas.

Las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV, así como los factores de emisión utilizados, se reportan en la Tabla A.2.23.

Tabla A.2.23 Emisiones en limpieza de superficies arquitectónicas.

Contaminante	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	1.36	11,378	11,703	23,081
Compuestos Orgánicos Volátiles	1.183	9,899	10,182	20,081

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Pintura en tránsito

La aplicación de pintura en tránsito, consiste en el pintado de carriles, banquetas, marcas de dirección, señalamientos viales, señales de estacionamiento y superficies pavimentadas para facilitar el flujo de tránsito vehicular. La pintura utilizada en este proceso en su mayor proporción son con base solvente y menor proporción las de base agua, generalmente se aplican con spray, o en formas de cintas termoplásticas o preformadas que son aplicadas con epóxicos sobre la superficie de calles y avenidas. Factores tales como la durabilidad de la pintura, tipo de pavimento, densidad del tráfico y posición de las señales, determina la frecuencia con la que la pintura debe ser reaplicada y por lo tanto tendrá influencia sobre una mayor o menor emisión anual de COT.

Las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV, así como los factores de emisión utilizados se reportan en la Tabla A.2.24.

Tabla A.2.24 Emisiones por aplicación de pintura de tránsito.

Contaminante	Factor de Emisión* [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	0.04	335	344	679
Compuestos Orgánicos Volátiles	0.0395	331	340	671

Fuente*: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Limpeza de superficies industriales

La limpieza de superficies industriales es un proceso físico en el cual se utilizan solventes orgánicos (ej. Destilados de petróleo, hidrocarburos clorados, cetonas y alcoholes, entre otros) y son seleccionados dependiendo del coeficiente de solubilidad, la sustancia a remover, su toxicidad, flamabilidad, velocidad de evaporación, entre otras propiedades fisicoquímicas. Entre las sustancias a remover se encuentran las grasas, aceites, ceras, depósitos de carbón, óxidos y alquitranes de superficies tales como metales, plásticos, vidrios y otros.

Las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV, así como los factores de emisión utilizados, se reportan en la Tabla A.2.25.

Tabla A.2.25 Emisiones en limpieza de superficies industriales

Contaminante	Factor de Emisión* [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	1.8	15,059	15,489	30,548
Compuestos Orgánicos Volátiles	1.08	9,036	9,294	18,330

Fuente*: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Lavado en seco

Las operaciones de lavado en seco consisten en la limpieza de ropa mediante el uso de solventes orgánicos no acuosos por ejemplo, percloroetileno, gas nafta entre los de mayor uso en el proceso de lavado de la prenda otras operaciones son la extracción del exceso de solvente en la prenda y el secado por medio de una corriente de vapor de agua. Las emisiones de COT se presentan cuando los solventes se evaporan durante todo el proceso, en fugas del equipo y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes. Las emisiones de percloroetileno no son consideradas fotoquímicamente reactivas por lo tanto no tendrá emisiones de COV, a diferencia del gas nafta las emisiones de COV será del 100%.

Las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV, así como los factores de emisión utilizados, se reportan en la Tabla A.2.26.

Tabla A.2.26 Emisiones por lavado en seco “Tintorerías”

Contaminante	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	0.6007	5,026	5,169	10,195
Compuestos Orgánicos Volátiles	0.3484	2,915	2,998	5,913

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Artes gráficas

En la impresión de periódicos, revistas, libros y en diferentes materiales de impresión, la composición de las tintas es variable, pero todas están constituidas de tres componentes principales: pigmentos, aglutinantes y solventes; la mayoría de los solventes utilizados son de uso común en la formulación de tintas, y en cantidades menores son utilizadas para la limpieza del equipo y/o un componente más en las soluciones fuente para sumergir los sistemas en la impresión litográfica.

Las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV, así como los factores de emisión utilizados, se reportan en la Tabla A.2.27.

Tabla A.2.27 Emisiones en artes gráficas

Contaminante	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	0.4	3,347	3,442	6,789
Compuestos Orgánicos Volátiles	0.4	3,347	3,442	6,789

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Aplicación de asfalto

La emisión de hidrocarburos que provienen de la evaporación del solvente destilado de petróleo, es una función directa del tipo de diluyente y cantidad que se utiliza para licuar el cemento asfáltico. La mezcla asfáltica que se produce y utiliza en el Distrito Federal, es una mezcla del tipo densa de ¾ convencional; para su elaboración, en la planta de asfalto no se requiere de solventes, aditivos, emulsificantes o cualquier tipo de compuestos volátiles, únicamente se realiza el proceso de triturado y mezclado, su elaboración es exclusivamente con asfalto AC20 (mejor conocido como chapopote con un nivel de dureza 20) y triturado basáltico ambos en una proporción de 7% y 93% respectivamente, son mezclados en caliente, esto significa que las emisiones generadas se dan en función directa del contenido de solventes en el licuado asfáltico y de la cantidad de asfalto en la mezcla.

En el año 2000, la planta de asfalto registró un nivel de producción del orden de las 848,070 toneladas de mezcla asfáltica, de las cuales fueron rechazadas 16,520 toneladas, lo que implica una distribución en el Distrito Federal de 831,550 toneladas, como lo muestra la tabla A.2.28.

Tabla A.2.28 Distribución de mezcla asfáltica, Distrito Federal-2000 [ton].

Cliente	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Álvaro Obregón	1,081	1,205	1,133	799	1,060	1,035	690	849	424	562	825	478
Azacapotzalco	395	876	627	348	187	414	920	610	456	317	341	335
Benito Juárez	342	473	535	594	346	529	446	438	489	514	679	895
Coyoacán	664	388	527	299	185	1,012	4,785	2,712	775	455	1,482	128
Cuajimalpa	406	546	2,788	766	627	754	342	370	298	176	619	69
Cuauhtemoc	379	510	1,069	364	442	597	397	423	482	796	685	376
Gustavo Madero	10,494	13,895	11,955	6,801	10,755	8,397	3,051	2,188	1,542	2,455	2,414	1,518
Iztacalco	308	233	2,076	3,115	1,600	360	1,773	1,957	294	272	2,732	4,596
Iztapalapa	4,099	4,829	5,851	3,473	4,188	4,840	5,954	6,929	3,590	3,173	1,536	755
M. Contreras	377	405	547	310	378	392	490	364	437	3,219	1,112	1,578
Miguel Hidalgo	898	512	942	603	495	2,118	701	1,232	1,773	1,029	666	373
Milpa Alta	1,957	1,704	2,907	0	152	4,723	5,000	6,714	0	455	181	244
Tláhuac	515	414	630	531	2,065	1,111	1,378	2,365	670	1,015	496	410
Tlalpan	859	931	1,901	5,616	8,767	4,181	1,677	877	466	455	405	424
V. Carranza	273	1,208	2,231	940	1,929	1,754	842	1,738	1,612	557	2,295	602
Xochimilco	266	996	1,214	901	2,490	4,273	3,767	4,027	3,652	2,242	2,234	559
Convenios Del.	276	196	249	664	33	207	329	295	86	242	455	0
F.C. de Abastos	0	0	56	616	33	62	115	79	88	5,895	3,350	43
S. T. y Viabilidad	0	1,392	486	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S. T. Eléctrico D.F.	0	1,014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I. Deporte del D.F.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C.I. exruta 100	2,515	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C.A. D.F.	258	0	0	24	267	225	224	274	395	220	358	156
D.G.S.U.	2,277	1,459	2,365	2,547	4,413	7,205	4,388	4,093	4,205	3,450	2,815	1,344
D.G.C.O.H.	28	0	31	0	0	0	0	0	0	95	599	679
D.G.O.P.	2,824	2,762	17,915	48,582	67,312	60,993	59,243	54,486	60,015	46,986	5,360	1,099
Planta de Asfalto	0	0	14	91	98	10	5	2	195	46	802	944
L. F. del Centro	166	105	125	200	216	313	309	192	197	158	276	145
CAPUFE	0	0	0	455	1,019	97	63	75	533	501	172	0
Particulares	1,824	2,560	1,121	975	660	946	689	976	1,449	1,681	459	254
Total	33,482	38,613	59,294	79,614	109,715	106,545	97,580	94,267	84,122	76,966	33,347	18,005

Fuente: Planta de asfalto del Gobierno del Distrito Federal.

La metodología aplicada es la referida en el Programa de Inventario de Emisiones para México, Vol. V de Fuentes de área. Dicha metodología indica, que se debe determinar el contenido de asfalto en la mezcla y se aplica la ecuación A.2.9 y las emisiones de COT se estiman con la ecuación A.2.10, si sustituimos ambas, ecuaciones obtenemos la ecuación A.2.11, esta es la ecuación más útil para la estimación directa de emisiones.

$$A = MA * \%A \dots\dots\dots A.2.9$$

$$E = A * \%D_A \dots\dots\dots A.2.10$$

$$E = MA * \%A * \%D_A * \%EV \dots\dots\dots A.2.11$$

Donde:

E= Emisión de COT [ton/año].

MA= Masa asfáltica distribuida en la zona de aplicación [ton/año].

%A = Por ciento en peso de asfalto en la mezcla [%p].

%D_A = Por ciento en peso del diluyente en el asfalto [%p].

A= La cantidad de asfalto AC20 en la mezcla asfáltica [ton/año].

%EV= Evaporación del contenido de solvente como curado rápido (95%).

Por otra parte el contenido de COT del diluyente en el asfalto se obtiene del Programa para Inventarios de Emisiones de México, el cual, indica un valor de 0.34% de diluyente en el asfalto (Ciudad de México) y 6.2% (Resto del país).

En el Distrito Federal se utilizaron 831,550 toneladas de mezcla asfáltica, las emisiones estimadas son:

$$E_{\text{COT}} = 831,550 \text{ [ton/año]} * 0.07 * 0.0034 * 0.95 = 188.013455 \text{ [ton/año]}.$$

Los resultados obtenidos por delegación y cliente son reportados en la tabla A.2.29.

Tabla A.2.29 Emisiones por la aplicación de asfalto, Distrito Federal

Delegación/Clientes	Emisiones de COT [ton/mes]												Tot.
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
Álvaro Obregón	0.24	0.27	0.26	0.18	0.24	0.23	0.16	0.19	0.10	0.13	0.19	0.11	2.29
Azcapotzalco	0.09	0.20	0.14	0.08	0.04	0.09	0.21	0.14	0.10	0.07	0.08	0.08	1.32
Benito Juárez	0.08	0.11	0.12	0.13	0.08	0.12	0.10	0.10	0.11	0.12	0.15	0.20	1.42
Coyoacán	0.15	0.09	0.12	0.07	0.04	0.23	1.08	0.61	0.18	0.10	0.34	0.03	3.03
Cuajimalpa	0.09	0.12	0.63	0.17	0.14	0.17	0.08	0.08	0.07	0.04	0.14	0.02	1.75
Cuauhtémoc	0.09	0.12	0.24	0.08	0.10	0.13	0.09	0.10	0.11	0.18	0.15	0.09	1.47
Gustavo Madero	2.37	3.14	2.70	1.54	2.43	1.90	0.69	0.49	0.35	0.56	0.55	0.34	17.06
Iztacalco	0.07	0.05	0.47	0.70	0.36	0.08	0.40	0.44	0.07	0.06	0.62	1.04	4.37
Iztapalapa	0.93	1.09	1.32	0.79	0.95	1.09	1.35	1.57	0.81	0.72	0.35	0.17	11.13
Magdalena Contreras	0.09	0.09	0.12	0.07	0.09	0.09	0.11	0.08	0.10	0.73	0.25	0.36	2.17
Miguel Hidalgo	0.20	0.12	0.21	0.14	0.11	0.48	0.16	0.28	0.40	0.23	0.15	0.08	2.56
Milpa Alta	0.44	0.39	0.66	0.00	0.03	1.07	1.13	1.52	0.00	0.10	0.04	0.06	5.43
Tláhuac	0.12	0.09	0.14	0.12	0.47	0.25	0.31	0.53	0.15	0.23	0.11	0.09	2.62
Tlalpan	0.19	0.21	0.43	1.27	1.98	0.95	0.38	0.20	0.11	0.10	0.09	0.10	6.01
Venustiano Carranza	0.06	0.27	0.50	0.21	0.44	0.40	0.19	0.39	0.36	0.13	0.52	0.14	3.61
Xochimilco	0.06	0.23	0.27	0.20	0.56	0.97	0.85	0.91	0.83	0.51	0.51	0.13	6.02
Convenios Del.	0.06	0.04	0.06	0.15	0.01	0.05	0.07	0.07	0.02	0.05	0.10	0.00	0.69
F.C. de Abastos	0.00	0.00	0.01	0.14	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	1.33	0.76	0.01	2.34
S. T. y Viabilidad	0.00	0.31	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42
S. T. Eléctrico D.F.	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
I. Deporte del D.F.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C.I. exruta 100	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57
C.A. D.F.	0.06	0.00	0.00	0.01	0.06	0.05	0.05	0.06	0.09	0.05	0.08	0.04	0.54
D.G.S.U.	0.51	0.33	0.53	0.58	1.00	1.63	0.99	0.93	0.95	0.78	0.64	0.30	9.17
D.G.C.O.H.	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.14	0.15	0.32
D.G.O.P.	0.64	0.62	4.05	10.98	15.22	13.79	13.39	12.32	13.57	10.62	1.21	0.25	96.68
Planta de Asfalto	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.18	0.21	0.50
L. F. del Centro	0.04	0.02	0.03	0.05	0.05	0.07	0.07	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03	0.54
CAPUFE	0.00	0.00	0.00	0.10	0.23	0.02	0.01	0.02	0.12	0.11	0.04	0.00	0.66
Particulares	0.41	0.58	0.25	0.22	0.15	0.21	0.16	0.22	0.33	0.38	0.10	0.06	3.07
Total	7.57	8.73	13.41	18.00	24.81	24.09	22.06	21.31	19.02	17.40	7.54	4.07	188.01

La cantidad de asfalto aplicado, únicamente fue disponible para el Distrito Federal estos datos fueron utilizados para desarrollar un factor de emisión *per Cápita* considerando, que la mezcla asfáltica utilizada en el Estado de México tiene las mismas características y propiedades físicas y químicas, por lo tanto el cociente de la emisión entre el número de habitantes del Distrito Federal da como resultado una tasa de emisión *per Cápita* y en conjunto con los datos de población para el Estado de México se estimó la emisión correspondiente:

FE_{COT_p} = Factor de emisión per cápita de COT

$$FE_{\text{COT}_p} = 188 \text{ [ton. COT/año]} / 8,605,239 \text{ [hab/año]} = 2.18 \cdot 10^{-5} \text{ [ton. COT/hab-año]}$$

El nivel de población del Estado de México es de 8,366,386 habitantes en el año 2000 y las emisiones asociadas al nivel de población serán:

$$E_{\text{COT}} = 2.18 \cdot 10^{-5} [\text{ton. COT/hab/año}] \cdot 8,366,386 [\text{hab/año}] = 182.79 [\text{ton. COT/año}]$$

La tabla A.2.30, muestra los resultados obtenidos por entidad federativa y tipo de contaminante.

Tabla A.2.30 Emisiones por la aplicación asfalto

Contaminante	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	0.0218	182.79	188.013	370.803
Compuestos Orgánicos Volátiles	0.0218	182.79	188.013	370.803

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Los solventes utilizados carecen de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

Uso comercial y doméstico de solventes.

El uso y consumo de solventes, se caracteriza por la presencia de hidrocarburos en productos comerciales y de consumo que sirven como propulsores, agentes para el secado y agentes limpiadores en casa habitación, industria y servicios.

Los solventes utilizados incluyen a las naftas especiales, alcoholes diversos, cloro y fluorocarbonos que son emitidos durante el uso de productos con contenido de solventes.

Los factores de emisión y las emisiones por entidad federativa. para el contaminante COT, se presentan en la tabla A.2.31, para COV en la tabla A.2.32, para los aldehídos en la tabla A.2.33 y para los HCT en la tabla A.2.34

Tabla A.2.31 Emisiones de COT, por el uso comercial y doméstico de solventes

Actividad j	Factor de Emisión* [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Productos en aerosol	0.067	561	577	1,137
Productos domésticos	0.52	4,351	4,475	8,825
Productos de cuidado personal	1.52	12,717	13,080	25,797
Productos de cuidado automotriz	0.88	7,362	7,573	14,935
Adhesivos y selladores	0.38	3,179	3,270	6,449
Pesticidas comerciales y domésticos	1.17	9,789	10,068	19,857
Productos misceláneos	0.04	335	344	679
Total	4.577	38,294	39,386	77,679

Fuente*: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Tabla A.2.32 Emisiones de COV, por el uso comercial y doméstico de solventes

Actividad j	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Productos en aerosol	0.046	387	398	785
Productos domésticos	0.359	3,002	3,088	6,089
Productos de cuidado personal	1.049	8,775	9,025	17,800
Productos de cuidado automotriz	0.607	5,080	5,225	10,305
Adhesivos y selladores	0.262	2,194	2,256	4,450
Pesticidas comerciales y domésticos	0.807	6,754	6,947	13,701
Productos misceláneos	0.028	231	238	468
Total	3.158	26,423	27,176	53,600

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Tabla A.2.33 Emisiones de Aldehidos, uso comercial y doméstico de solventes

Actividad j	Factor de Emisión [kg/habitante]	Emisiones [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Productos en aerosol	0.000884	7.400	7.608	15.006
Productos domésticos	0.000018	0.151	0.155	0.31
Productos de cuidado personal	0	0.000	0.000	0.00
Productos de cuidado automotriz	0	0.000	0.000	0.00
Adhesivos y selladores	0.0000673	0.563	0.579	1.14
Pesticidas comerciales y domésticos	0.00229	19.166	19.713	38.88
Productos misceláneos	0	0.000	0.000	0.00
Total	0.0032593	27.28	28.055	55.336

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

La estimación de hidrocarburos totales se realiza considerando la descripción de hidrocarburos presentada en el Manual de Inventario de Emisiones de México Volumen II, CAP 4.0, Pág. 4-4, de la cual se deduce que la emisión de HCT es la diferencia de los COT menos la emisión de los Aldehidos, como se muestra en la siguiente relación

$$E_{HCT} = E_{COT} - E_{Aldh}$$

Tabla A.2.34 Emisiones de HCT, por el consumo de solventes

Actividad j	Emisiones de Aldehídos [ton/año]		
	Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Productos en aerosol	553.2	568.9	1,122.1
Productos domésticos	4,350.4	4,474.6	8,824.9
Productos de cuidado personal	12,716.9	13,080.0	25,796.9
Productos de cuidado automotriz	7,362.4	7,572.6	14,935.0
Adhesivos y selladores	3,178.7	3,269.4	6,448.1
Pesticidas comerciales y domésticos	9,769.5	10,048.4	19,817.9
Productos misceláneos	334.7	344.2	678.9
Total	38,265.7	39,358.1	77,623.8

La estimación de metano es cero, por lo tanto la emisión de hidrocarburos no metánicos, los cuales se estiman por diferencia entre la emisión de HCT menos la emisión de CH₄, es igual a la emisión de HCT.

A.2.4 Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo

Almacenamiento masivo de combustibles líquidos

Las emisiones de COT en tanques de almacenamiento masivo pueden ser estimadas con base en la metodología descrita en el AP-42 (U.S. EPA, 1995a)⁷.

Las emisiones de los tanques de almacenamiento son la suma de las pérdidas en reposo y de trabajo; las primeras ocurren como consecuencia de los cambios de temperatura que conduce al venteo del vapor del tanque a la atmósfera; las pérdidas de trabajo resultan de los cambios en el nivel del líquido del tanque, principalmente por las operaciones de llenado y vaciado, éstas proporcionan una estimación de emisiones más precisa.

Típicamente la forma más sencilla de aplicar la serie de ecuaciones que rigen el sistema de evaporación es utilizando el software TANKS (U.S. EPA, 1999)⁸ desarrollado por la EPA en el año de 1996 y modificado en una versión 4.0 en septiembre de 1999.

Para la aplicación y demostración del programa TANKS 4.0 se ha seleccionado la terminal de almacenamiento y distribución Satélite Sur con el tanque de almacenamiento TV-5, el cual nombraremos TAD-TV5-SS-2000 para el cual se obtuvo la información de la tabla A.2.35.

La aplicación del programa TANKS, se describe a continuación en cuatro módulos, definiendo en cada punto la información requerida por el sistema; para mayor información sobre el uso y aplicación del modelo TANKS, ver el manual del usuario.

⁷ AP-42 (U.S. EPA, 1995a), Sección 7.1.3.1, Total Losses from Fixed Roof Tanks (Pérdidas Totales de los Tanques con Techo Fijo), Febrero 1996.

⁸ USR'S GUIDE to TANKS, Storage Tank Emissions Calculation Software Version 4.0, September 30, 1999

Tabla A.2.35 Características físicas y operación TAD-TV5-SS-2000

TAD	CTA	TTA	TT	TCT	PT	PTST	TSM	SM	CA	CNT [Galones]	DT [Pies]	ATT [Pies]	AOT [Pies]	COP [Galones]	NRA	DCA [Galones/año]
SS	TV-3	VCTF/MIF	CONIC	S	B.B	B.B	PMS-V	SCyA	M	840,000	60.0	40.0	31.1	657,090	579.0	380,434,320

TAD	Terminal de almacenamiento y distribución	PMS-V	Primario montado sobre-vapor
SS	Satélite Sur	SCyA	Soporte en columnas y atornillado
CTA	Clave del tanque de almacenamiento	SM	Soporte del sello mecánico
TTA	Tipo del tanque de almacenamiento	CA	Combustible almacenado
VCTF/MIF	Vertical con techo fijo y membrana interna flotante	M	Magna
TT	Tipo de la tapa superior	CNT	Capacidad nominal del tanque
CONIC	Cónica	DT	Diámetro del tanque
TCT	Tipo de construcción del tanque	ATT	Altura total del tanque
S	Soldado	AOT	Altura de operación del tanque
PT	Pintura del tanque	COP	Capacidad de operación del tanque
B.B	Blanco y en buen estado	NRA	Número de recargas anuales
PTST	Pintura de la tapa superior del tanque	DCA	Descarga anual del combustible
TSM	Tipo de sello mecánico		

Modulo I: Identificación:

Permite registrar la información de ubicación y nombre de la empresa así como la identificación del tanque de almacenamiento a evaluar (Figura A.2.3).

Figura A.2.3 Datos de entrada en el modelo TANKS identificación del tanque de almacenamiento TAD-TV5-SS-2000

Modulo II Características físicas:

El modulo II, permite al usuario registrar información básica sobre las características físicas del tanque de almacenamiento, sobre su diseño y operación, como lo muestra la Figura A.2.4

Figura A.2.4 Datos de entrada en el modelo TANKS características físicas, diseño y operación tanque de almacenamiento TAD-TV5-SS-2000

Modulo III Selección del sitio:

El programa, cuenta con información sobre meteorología para la gran mayoría de las ciudades de los Estados Unidos. Para el caso de la zona de estudio se diseñó la base de datos⁹ correspondiente como lo muestra la Figura A.2.6 con información de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) excepto el nivel de radiación o insolación solar que por cuestiones de validación se optó por considerar la información de Los Angeles California incluida en el programa. El sistema cuenta con una serie de ecuaciones para la estimación de parámetros promedio anual de temperatura y velocidad del viento, los resultados obtenidos se muestran en la Figura A.2.5

Figura A.2.5 Datos de entrada en el modelo TANKS características meteorológicas de la ZMVM

Month	Daily Maximum Ambient Temp. (F)	Daily Minimum Ambient Temp. (F)	Solar Insulation Factor (Btu / (ft ² *day))	Average Wind Speed (mph)
JAN	82.4	39.2	891.5287	3.8
FEB	84.2	37.4	1157.71823	4.25
MAR	84.2	48.2	1523.53054	4.25
APR	91.4	48.2	1923.29074	5.37
MAY	86	51.8	2033.7007	4.47
JUN	82.4	53.6	2095.88562	4.7
JUL	82.4	53.6	2265.62507	5.14
AUG	78.8	51.8	2075.89761	6.04
SEP	80.6	51.8	1682.16554	6.71
OCT	84.2	48.2	1328.09222	5.82
NOV	86	48.2	1000.98685	4.92
DEC	82.4	39.2	827.75743	5.37
ANN	91.4	37.4	1567.1816041666	5.14

Figura A.2.6 Datos calculados por el modelo TANKS características meteorológicas de la ZMVM

Nearest Major City:	México, Distrito Federal
Daily Average Ambient Temperature (F):	73.76
Annual Average Maximum Temperature (F):	91.40
Annual Average Minimum Temperature (F):	37.40
Average Wind Speed (mph):	5.14
Annual Average Solar Insulation Factor (Btu/(ft ² *day)):	1,567.1816
Atmospheric Pressure (psia):	11.3

9 Información de la Subdirección de análisis de información - RAMA /DGGAA/SMA/GDF (para garantizar la calidad de la información se consideró que todos los días hayan contado con al menos el 75% de los datos, es decir, al menos 18 datos. Los promedios mensuales de velocidad del viento se obtuvieron a partir de promedios diarios de 24 horas. Las estaciones de monitoreo que cumplieron el criterio del 75% de los datos son. TAC, EAG, SAG, TLA, XAL, MER, PED, CES, PLA, HAN, PLA).

Modulo IV Contenido del tanque:

El programa TANKS considera la ley de Raoult y cuenta con información disponible sobre las propiedades físicas y químicas de mezclas de líquidos así como de sustancias puras, por ejemplo en el caso de la gasolina se presenta la información en función al PVR¹⁰ como lo muestra la Figura A.2.87 sin embargo, si el programa no contempla un compuesto o mezcla de compuestos, existe un modulo para anexar esta información.

Figura A.2.7 Propiedades químicas y físicas de la gasolina modelo TANKS

Alimentados los datos necesarios al modelo, se procede a obtener el resultado de las emisiones; en la barra de herramientas seleccionar el menú REPORT posteriormente el menú ANNUAL y el menú SUMMARY aparecerá una pantalla como se muestra en la Figura A.2.98 en la cual deberá seleccionar **SELECT ALL>>** y posteriormente **RUN REPORT**. Active **DESTINATION PRINTER** y pulse **OK**, en este momento los resultados obtenidos serán impresos.

Figura A.2.8 Modulo de selección del reporte de emisiones modelo TANKS

La secuencia de cálculo para el resto de los tanques de almacenamiento es similar, sólo puede variar su contenido (gasolina, turbosina, combustible industrial, diesel) y las características físicas y químicas. La tabla A.2.36 muestra los resultados obtenidos para el ejemplo de aplicación calculadas con el modelo TANKS.

¹⁰ Presión de vapor RAID

Tabla A.2.36 Estimado de emisiones del TAD-TV3-SS-2000

TAD	CTA	CA	COP [Galones]	DCA [Galones/año]	Emisiones [COT] [ton/año]
SS	TV-5	G	164,388	65,016	8.5

TAD: Terminal de almacenamiento y distribución; SS: Satélite Sur; CTA: Clave de identificación del tanque de almacenamiento; CA: Combustible almacenado; M: Gasolina Magna; COP: Capacidad de operación; DCA: Distribución del combustible almacenado; COT: Compuestos orgánicos totales

Debido a que el contenido de metano y etano en la gasolina es despreciable, la emisión de compuestos volátiles o reactivos, son iguales a los COT emitidos a la atmósfera.

Por otra parte, por la ausencia de aldehídos en las emisiones de hidrocarburos no metánicos y hidrocarburos totales son iguales a las emisiones de compuestos orgánicos totales, es decir.

$$E_{\text{COT}} = E_{\text{COV}} = E_{\text{HCNM}} = E_{\text{HCT}}; \quad E_{\text{CH}_4} = 0; \quad E_{\text{Aldehídos}} = 0$$

Los productos refinados que son distribuidos en la Zona Metropolitana del Valle de México llegan a través de poliductos a la terminal de almacenamiento y distribución Azcapotzalco; ésta, cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1.5 millones de barriles, misma que cubre la demanda del Valle de México por espacio de 10 días.

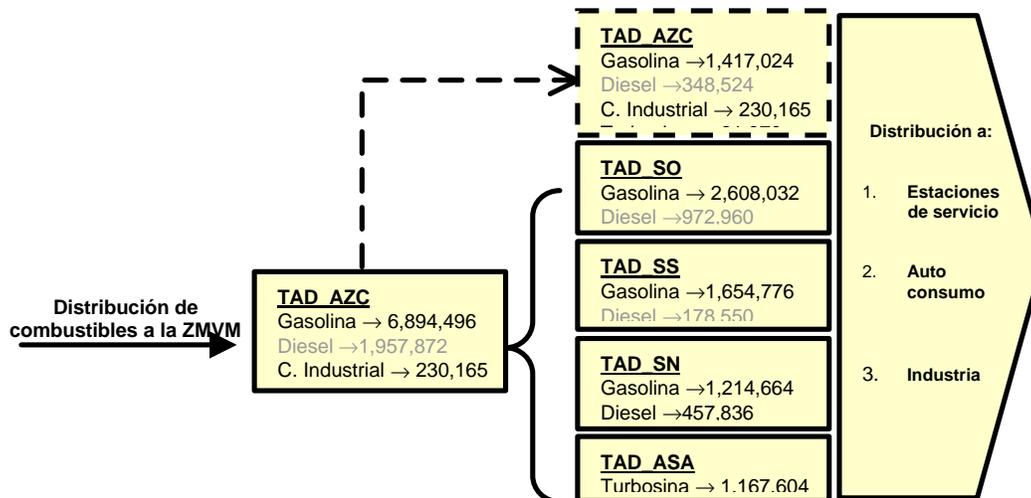
La misma terminal comercializa los productos PEMEX Magna, PEMEX Premium, PEMEX Diesel, Turbosina y Combustible Industrial en la ZMVM, siendo sus centros abastecedores las refinerías Miguel Hidalgo en Tula y Lázaro Cárdenas en Minatitlan, así como la terminal marítima de Tuxpan.

A través de poliductos, la terminal Azcapotzalco abastece de PEMEX Magna, PEMEX Premium y PEMEX Diesel a las terminales de almacenamiento y distribución Añil (Satélite Oriente) y Barranca del Muerto (Satélite Sur) en el Distrito Federal, a la terminal San Juan Ixhuatepec (Satélite Norte) en el estado de México y de turbosina a Aeropuerto y Servicios Auxiliares (ASA).

Todas las terminales realizan su distribución a estaciones de servicio y auto abasto así como al sector industrial, su transferencia es por medio de auto-tanque, la figura A.2.9 muestra el tren de distribución de combustibles por terminal de almacenamiento.

El modelo TANKS fue utilizado en todas las terminales, excepto en el segundo bloque de la terminal Azcapotzalco, debido a que esta fue transferida por carro tanque al consumidor final en el caso de combustible industrial a estaciones de servicio y auto consumo, la tabla A.2.37 muestra los resultados obtenidos.

Figura A.2.9 Tren de distribución y almacenamiento de combustibles [m³/año] ZMVM



Fuente: PEMEX Refinación/ Gerencia Comercial Zona Valle de México/ Subgerencia de Operación y Mantenimiento

Tabla A.2.37 Emisiones en por terminal de almacenamiento y distribución "TAD" en la ZMVM, [ton/Año] 2000

Delegación/Municipio	Terminal de Almacenamiento y Distribución	COT	COV
Miguel Hidalgo	Azcapotzalco	33.55	33.52
Iztacalco	Satélite Oriente	23.13	23.10
Álvaro Obregón	Satélite Sur	13.70	13.69
Tlalneantla	Satélite Norte	8.80	8.80
Venustiano Carnaza	Aeropuerto y Servicios Auxiliares	0.50	0.48
Distrito Federal		70.63	70.55
Estado de México		8.80	8.80
Zona Metropolitana del Valle de México		79.43	79.35

La emisión de COV por almacenamiento de gasolina es igual al 100% de los COT de gasolina

La emisión de COV por el uso de turbosina es igual al 96% de los COT por uso de turbosina.

La emisión de COV por el uso de diesel es igual al 97.2% de los COT por uso de diesel.

A.2.5 Distribución y venta de gasolina

Las emisiones a la atmósfera generadas por la evaporación de hidrocarburos, que se emiten en las estaciones de servicio, son producidas por la gasolina debido a que el diesel por tener presiones de vapor muy bajas no evapora considerablemente omitiendo la estimación de emisiones para este tipo de combustible.

Las emisiones inician por las *perdidas en tránsito (la cual llamaremos E1)* incluyen el recorrido de autotankers a partir de la terminal de almacenamiento y distribución hasta la estación de servicio (con carga y sin carga); el segundo punto emisor se da en la estación de servicio durante el llenado de tanques subterráneos de almacenamiento de combustible con traspaso de vapores, conocida como pérdidas por *descarga de pipas a estaciones de servicio (la llamaremos E2)*; Otro punto emisor se da por la

respiración del tanque subterráneo (E3); sus emisiones ocurren diariamente y son atribuibles a cambios en la presión barométrica.

En el llenado de tanques de los automóviles se producen emisiones por dos procesos: el desplazamiento de vapores por la *recarga de gasolina en los automóviles (E4)* en donde la cantidad de vapores desplazados depende de la temperatura de la gasolina, de la temperatura del tanque del automóvil, la presión de vapor Reid¹¹ de la gasolina, y la tasa de llenado del tanque; el último punto emisor del ciclo es por *derrames de combustibles en la recarga (E5)* estas dependen de varios factores incluyendo el tipo de descarga por control automatizado o manual (por el operador) en la estación de servicio, la configuración del tanque del vehículo y la técnica del operador. Los factores de emisión correspondientes a cada etapa se encuentran presentes en la tabla A.2.38, estos fueron previamente calculados y convertidos de mg/lt a ton/m³.

Tabla A.2.38 Factores de emisión en distribución y venta de gasolina

Punto emisor	Fuente de Emisión "Actividad"	Factor de emisión COT [mg/lt]
E1	Perdidas en tránsito	
	Autotanque cargado	0.05
	Autotanque vacío	6.50
E2	Descarga de pipas a estaciones de servicio	1,046.8
E3	Respiración del tanque subterráneo	120
E4	Recarga de gasolina en automóviles	1,079.5
E5	Derrames de combustibles en la recarga	80.0
Total		2,332.85

Se asume que las emisiones de COV constituyen el 100% de los COT.

En general la estimación de emisiones se realizó por estación de servicio y en todo momento se considerara la eficiencia del sistema de recuperación de vapores SRV¹²; Se analizó para el Distrito Federal una distribución de 4,249,489 m³ de gasolina en 343 estaciones de servicio y para el Estado de México 2,222,562 m³ de gasolina en 150 estaciones de servicio y 422,436 m³ de gasolina fue distribuido en 75 estaciones de servicio ubicadas en otros municipios que no son considerados dentro de la ZMVM, analizando una distribución total de gasolina de 6,894,487 m³ en 569 estaciones de servicio y auto consumo.

A continuación se presenta la secuencia de cálculo de algunos factores de emisión corregidos y un ejemplo de aplicación utilizando información real de las gasolineras A, B, que representan a las estaciones de servicio con matrícula registrada ante PEMEX

Estimación de emisiones por pérdidas en tránsito E1

Las gasolineras A y B son un caso real y los consumos de gasolina se presentan en la tabla A.2.39 las emisiones totales por pérdidas en tránsito incluyen tanto el recorrido de la terminal a granel a la gasolinera y viceversa (con carga y sin carga); El nivel de emisiones depende del grado de venteo que se presente en tránsito que, a su vez, depende de la hermeticidad en el tanque, el ajuste de la presión en la válvula de alivio, la presión en el tanque al principio del recorrido, la presión de vapor del combustible transportado y el grado de saturación de vapor del combustible en el espacio vapor del tanque. Las emisiones no son directamente proporcionales a la duración del traslado; los factores de emisión se presentan para condiciones de tránsito típicas (punto medio del intervalo de emisión) y extremas (puntos extremos del intervalo de emisión) ver

11 Presión de vapor Reid: presión absoluta a 37.8 °C en kilopascales. Difiere de la presión de vapor verdadera de la muestra, debido a pequeñas evaporaciones de la muestra y a la presencia de vapor de agua y aire en los espacios confinados. Se determina con el Método ASTM D323-94.

12 El sistema de recuperación de vapores es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar la emisión de vapores de gasolina producidos en las operaciones de transferencia de este combustible a las estaciones de servicio y estaciones de autoconsumo, que de otra manera serían emitidos a la atmósfera.

tabla A.2.40, la referencia a las condiciones extremas se hace para el caso poco probable en que todos los factores determinantes que se mencionaron se combinen para ocasionar emisiones máximas.

Tabla A.2.39 Consumo de gasolina en las estaciones de servicio

Gasolineras		Venta de gasolina [m ³ /año]		
		Premium	Magna	Total
A	E03758	4,360	18,197	22,557
B	E02517	1,037	14,920	15,957

Tabla A.2.40 Factores de emisión en tránsito

Cargada con Producto		Regresando con Vapor	
[mg/litro]	[ton/m ³]	[mg/litro]	[ton/m ³]
0 - 0.1	0 - 0.0000001	0 - 13.0	0 - 0.000013

Para el análisis se considera el factor de emisión en el punto medio del rango de emisión.

La estimación de emisiones se realiza con la ecuación A.2.12 y los resultados se presentan en la tabla A.2.41

$$\text{Emisiones} = \sum_{i=1}^n ([FE_{i,c} + FE_{i,v}] * CV_i) \text{ ----- A.2.12}$$

Donde:

Emisiones = Emisiones totales de recarga [ton/año]

n = Número de gasolineras

FE_{t,c,i} = Factor de emisión de pérdida en tránsito “cargada con producto” para la gasolina transportada a la estación i en condiciones de tránsito c [ton/m³],

FE_{t,v,i,c} = Factor de emisión de pérdida en tránsito “regreso con vapor” para la gasolina transportada de la estación i en condiciones de tránsito c [ton/m³],

CV_i = Combustible vendido en la gasolinera i [m³/año].

El término c indica que las emisiones de tránsito durante el transporte de gasolina a las estaciones A, están referidas a un punto medio del intervalo de emisión

$$\text{Emisiones COT} = ([0.00000005 + 0.0000065] * [22,557 + 15,957]) = 0.2523 \text{ ton/año}$$

Tabla A.2.41 Emisiones estimadas al aire E1

Gasolineras		Emisión COT [ton/año]		
		Cargada con Producto	Regresando con Vapor	Total
A	E03758	0.0011	0.1466	0.1477
B	E02517	0.0008	0.1037	0.1045

Estimación de emisiones por la descarga de pipas a estaciones de servicio E2

Después que las pipas llegan a las gasolineras y descargan en los tanques de almacenamiento subterráneos, esta descarga es similar a la carga de las pipas en la terminal de despacho a granel ambas cuenta con el SRV, para la estimación de sus emisiones deberá considerar:

La cantidad de gasolina que fue vendida en las gasolineras A y B.

Ambas gasolineras aplican el modo de operación conocido como carga sumergida con balance de vapor, este servicio tiene la característica de recupera los vapores

desplazados durante la descarga de gasolina y los lleva de regreso al tanque de la pipa de distribución.

El factor de emisión obtenido, fue calculado de la siguiente manera¹³:

$$FE_{dp} = 12.46 * ((S * P * M) / (T)) \text{ [lb/1000 galones]} * (0.000453592) * (1 / 0.003785412) = \text{[ton/m}^3\text{]}$$

Donde:

FE_{dp} = Factor de emisión por descarga de las pipas durante la carga de combustible [lb/1000 galones]

S = Factor de saturación 1 [adimensional]¹³

P = Presión de vapor verdadera del líquido cargado 5.5034 [PSIA] a RVP 8¹⁴ (Referencia 31, 32, 33, 34)

M = Peso molecular de los vapores 68 [lb/lb-mol]

T = Temperatura del líquido en la descarga, equivalente a la temperatura ambiente 533.76[°R]¹⁵

$$FE_{dp} = 0.0010468 \text{ [ton/m}^3\text{];} \quad \text{equivalentes a } 1,046.8 \text{ [mg/lt]}$$

Las emisiones totales del llenado de tanques subterráneos pueden estimarse con la ecuación A.2.13 y las emisiones estimadas se presentan en la tabla A.2.42.

$$\text{Emisiones} = \sum_{i=1}^n CV_i \times FE_{dp} \dots\dots\dots A.2.13$$

Estación de servicio	A	+	B
Emisiones	= [22,557 * 0.0010468]	+	[15,954 * 0.0010468]
Et	= 23.62	+	16.70 = 40.32 ton/año

El llenado de tanques con la técnica de balance de vapor, regresa los hidrocarburos desplazados del tanque de la gasolinera al tanque de la pipa, la eficiencia de control del sistema fluctúa de 93 a 100 por ciento con respecto a las emisiones no controladas "Este criterio se conoce como factor de corrección de la emisión (Fc) y en la ZMVM se estima que dicha eficiencia es del 94.5%¹⁶.

Por lo tanto, de la emisión total el 94.5% es recuperado y enviado al tanque de la pipa para su posterior tratamiento en las terminales de almacenamiento masivo y el resto 5.5% son emisiones fugitivas y se estimaran con la ecuación A.2.14.

$$E_{aire} = E_t * F_c \dots\dots\dots A.2.14$$

13 Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

14 El RVP reportado por PEMEX para el año 2000 de la gasolina premium y magna fue de 7.6 y 7.8 respectivamente. Con el objeto de homologar las propiedades físicas del combustible en el almacenamiento masivo de combustibles, decidió utilizar un RVP máximo de 8 y las propiedades fisicoquímicas establecidas en el programa TANKS.

15 Información proporcionada por la Subdirección de Análisis e Información - DRAMA-DGGAA-SMA-GDF.

16 La eficiencia de los SRV varía en función al sistema o tecnología instalada, la eficiencia máxima es del 97%, la mínima es de 1 95% y la promedio es del 94.5% este ultimo dato es la eficiencia promedio de todas las estaciones de servicio, Dirección General de Regulación y Gestión Ambiental de Agua, Suelos y Residuos -SMA-GDF, con datos de pruebas de eficiencia y tasa volumétrica por tecnología y empresas instaladoras.

Donde $F_c = (1 - 0.945)$

Tabla A.2.42 Emisiones estimadas al aire y recuperadas E2

Gasolineras		Emisiones de COT [ton/año]	
		Aire	Recuperadas
A	E03758	1.2991	22.3209
B	E02517	0.9185	15.7815

Estimación de emisiones por respiración de tanques subterráneos E3

La cantidad de emisiones por pérdidas debidas a la respiración de tanques de almacenamiento subterráneos depende principalmente de la evaporación y los cambios en la presión barométrica. Por otro lado, la frecuencia de extracción del tanque también puede afectar las emisiones debido a que el aire fresco que entra va a incrementar la tasa de evaporación, en la estimación de estas emisiones deberá considerar:

- El volumen de gasolina que fue vendida en las gasolineras A y B.
- La tasa de emisión por respiración "FEr" promedio para gasolineras estadounidenses de 120 mg/litro de gasolina equivalente a 0.00012 [ton/m³].
- Eficiencia del SRV 95% ($F_c = (1-0.945)$); el 5.5% de las emisiones son al aire y el 94.5% recuperadas.

Las pérdidas totales por respiración de los tanques de almacenamiento subterráneos pueden estimarse con la ecuación A.12-15, con la tasa de emisión promedio por respiración y el factor de corrección por la instalación del SRV; las emisiones estimadas se presentan en la tabla A.2.43

$$\text{Emisiones} = \sum_{i=1}^n \text{CS}_i * \text{FEr} * F_c \dots\dots\dots \text{A.2.15}$$

Donde:

- Emisiones = Emisiones de COT por respiración del tanque subterráneo [ton/año],
- n = Número de gasolineras.
- FEr = Factor de emisión de pérdida por respiración del tanque 0.00012 [ton/m³],
- CS_i = Combustible suministrado en la gasolinera i [m³/año],
- F_c = Factor de corrección por implementación del SRV [1-0.945].

$$\begin{aligned} \text{Emisiones} &= [(22,557*0.00012)+(15,957*0.00012)] \\ \text{Emisiones totales[A + B]} &= [2.70684+1.91484] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisiones al aire [A +B]} &= [(2.70684*(1-0.945))+(1.91484*(1-0.945))] \\ &= [0.1488+0.1053] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Emisiones recuperadas[A +B]} &= [(2.70684*(0.945))+(1.91484*0.945)] \\ &= [2.5579+1.8095] \end{aligned}$$

Tabla A.2.43 Emisiones Estimadas al Aire y Recuperadas E3

Gasolineras	Emisiones de COT [ton/año]	
	Aire	Recuperadas
A	0.1488	2.5579
B	0.1053	1.8095

Estimación de emisiones por recarga de gasolina en vehículos E4

Estas emisiones están integradas por los vapores desplazados del tanque del vehículo, que son transferidos al espacio vapor del tanque de almacenamiento subterráneo. La cantidad de emisiones de los vapores desplazados dependerá de la temperatura de la gasolina, la temperatura del tanque del vehículo, la presión de vapor de Reid de la gasolina (PVR) y de la tasa de despacho.

Para estimar las emisiones, primero se determinó el factor de emisión correspondiente con la ecuación¹⁷ A.2.16.

$$FE_{cg} = ((264.2)*((-5.9099)-(0.0949*T)+(0.0884*Ts)+(0.485*(PVR)))) \dots A.2.16$$

Donde:

FE_{cg} = Factor de emisión no controlada de COT para recarga de combustible [mg/litro],

T = Diferencia entre la temperatura del combustible despachado y el tanque del vehículo [°F],

Ts = Temperatura del combustible despachado (temperatura ambiente promedio 23.2°C [73.76°F]),

PVR = Presión de Vapor de Reid 7.8 [PSIA].

La temperatura del combustible despachado es de 23.2°C (73.76 °F), y la temperatura del combustible en el tanque del vehículo es de aproximadamente 25°C (77°F).

$$DT = (77-73.6) = 3.24 \text{ °F.}$$

A continuación se muestra la sustitución de datos de la ecuación A.2.16, para calcular el factor de pérdida por desplazamiento sin control:

$$FE_{cg} = ((264.2)*((-5.9099)-(0.0949*3.24)+(0.0884*73.76)+(0.485*(7.8)))) = 1,079 \text{ [mg/lts]}$$

$$FE_{cg} = 1,079.5 * (1/1000000) = 0.00107952 \text{ [ton/m}^3\text{]}$$

Las pérdidas totales por respiración de los tanques de almacenamiento subterráneos pueden estimarse con la ecuación A.2.17 y con la tasa de emisión promedio por respiración y el factor de corrección por la instalación del SRV (e=94.5%), los estimados se presentan en la tabla A.2.44.

17 Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

$$\text{Emisión} = \sum_{i=1}^n \text{CVi} * \text{FEcg} * \text{Fc} \dots\dots\dots \text{A.2.17}$$

Donde:

FEcg = Factor de emisión no controlada de COT para recarga de combustible 0.00107952 [ton/m³],
 n = Número de gasolineras,
 CVi = Combustible vendido en la gasolinera i [m³/año],
 Fc = Factor de corrección por implementación del SRV [1-0.945].

$$\text{Emisiones totales [A+B]} = \frac{[(22,557*0.00107952)+(15,957*0.00107952)]}{[24.3507+17.2259]}$$

$$\text{Emisiones al aire [A+B]} = \frac{[(24.3057*(1-0.945))+(17.2259*(1-0.945))]}{[1.3392+0.9474]}$$

$$\text{Emisiones recuperadas [A+B]} = \frac{[(24.3057*(0.945))+(17.2259*(0.945))]}{[22.9680 +16.2784]}$$

Tabla A.2.44 Emisiones Estimadas al aire y recuperadas E4

Gasolineras	Emisiones de COT [ton/año]	
	Aire	Recuperadas
A	1.3392	22.9680
B	0.9474	16.2784

Estimación de emisiones por derrames de combustible en la recarga E5

Las pérdidas por derrames también se presentan durante la recarga de combustible. El factor de emisión estadounidense para derrames (FE_d) se ha estimado en 80 mg/litro de combustible despachado. La cantidad real del derrame depende de diversos factores, tales como las características comerciales de la gasolinera, la configuración del tanque, y especialmente las técnicas del operador.

Las pérdidas totales de la recarga pueden estimarse con la ecuación A.2.18 y en la tabla A.2.45 se presentan las emisiones estimadas.

$$\text{Emisiones} = \sum_{i=1}^n \text{CVi} * \text{FE}_d * \text{Fc} \dots\dots\dots \text{A.2.18}$$

Donde:

Emisiones = Emisiones totales por recarga [ton/ año],
 n = Número de gasolineras,
 FE_d = Factor de emisión por derrame para la gasolinera i 0.00008 [ton/ m³].

CVi = Combustible vendido en la gasolinera i [m³/año].

Fc = Factor de corrección por implementación del SRV (1-0.945).

Emisiones totales[A+B] = [(22,557*0.00008)+(15,957*0.00008)] = [1.8045+1.2765]

Emisiones al aire [A +B] = [(1.8045*(1-0.945))+(1.2765*(1-0.945))] = [0.0548+0.07020]

Emisión recuperada [A+B] = [(1.804*(0.945))+(1.2765*(0.945))] = [1.7047+1.2062]

Tabla A.2.45 Emisiones estimadas al aire y recuperadas E5

Gasolineras		Emisiones de COT [ton/año]	
		Aire	Recuperadas
A	E03758	0.0548	1.7047
B	E02517	0.0702	1.2062

Nota importante: El sistema de cálculo mostrado, se realiza para cada una de las estaciones de servicio ubicadas en la ZMVM, las emisiones reportadas en el inventario de emisiones son las emitidas al aire y no las emisiones recuperadas, las cuales serán tratadas en las terminales de almacenamiento masivo para su condensación y adición a la gasolina líquida. La tabla A.2.46, muestra las emisiones estimadas por entidad federativa y etapa: como muestra la siguiente codificación por etapas:

E1: Estimación de emisiones por perdidas en transito.

E2: Estimación de emisiones por la descarga de pipas a estaciones de servicio.

E3: Estimación de emisiones por respiración de tanques subterráneos.

E4: Estimación de emisiones por recarga de gasolina en vehículos.

E5: Estimación de emisiones por derrames de combustible en la recarga.

Et: Emisiones totales del sistema de distribución.

NES: Número de estaciones de servicio evaluadas.

Debido a que el contenido de metano y etano en la gasolina es despreciable, la emisión de compuestos volátiles o reactivos, son iguales a los COT emitidos a la atmósfera. Por otra parte, por la ausencia de aldehídos y metano, las emisiones de Hidrocarburos no metánicos y las de Hidrocarburos totales, son iguales a las emisiones de Compuestos orgánicos totales, es decir.

$$E_{COT} = E_{COV} = E_{HCNM} = E_{HCT}$$

$$E_{CH_4} = 0$$

$$E_{Aldehidos} = 0$$

Tabla A.2.46 Inventario de Emisiones de COT por etapa y entidad federativa

NES	Delegación/Municipio	Gasolina [m³]			Diesel [m³]	Emisión [ton/año]					
		Premium	Magna	Total		E1	E2	E3	E4	E5	Et
1	Acolman	0	7,920	7,920	2,860	0.06	0.456	0.052	0.470	0.035	1.069
21	Álvaro Obregón	46,037	254,498	300,535	58,766	2.10	17.303	1.984	17.844	1.322	40.557
4	Amecameca	800	18,341	19,141	7,620	0.13	1.102	0.126	1.136	0.084	2.583
1	Apaxco	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	Atenco	180	1,980	2,160	760	0.02	0.124	0.014	0.128	0.010	0.291
6	Atizapán de Zaragoza	9,725	80,837	90,562	6,540	0.63	5.214	0.598	5.377	0.398	12.221
18	Azcapotzalco	17,323	193,113	210,436	51,397	1.47	12.116	1.389	12.494	0.926	28.398
32	Benito Juárez	51,077	269,262	320,339	0	2.24	18.443	2.114	19.020	1.409	43.229
3	Coacalco de Berriozabal	2,400	49,040	51,440	0	0.36	2.962	0.340	3.054	0.226	6.942
27	Coyoacán	52,271	340,988	393,259	21,300	2.75	22.642	2.596	23.349	1.730	53.069
4	Cuajimalpa	11,220	73,027	84,247	10,948	0.59	4.850	0.556	5.002	0.371	11.369
55	Cuauhtémoc	42,537	350,067	392,604	75,795	2.75	22.604	2.591	23.310	1.727	52.981
1	Cuauhtepc de Hinojosa	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	Cuautitlán de Romero Rubio	880	24,240	25,120	18,520	0.18	1.446	0.166	1.491	0.111	3.390
9	Cuautitlán Izcalli	12,760	133,420	146,180	41,460	1.02	8.416	0.965	8.679	0.643	19.727
8	Valle de Chalco	6,283	66,163	72,446	24,489	0.51	4.171	0.478	4.301	0.319	9.776
3	Chalco de Covarrubias	1,060	39,421	40,482	11,341	0.28	2.331	0.267	2.404	0.178	5.463
1	Chapa de Mota	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	Chicoloapan	380	17,021	17,401	7,620	0.12	1.002	0.115	1.033	0.077	2.348
1	Chiconautla	200	5,300	5,500	0	0.04	0.317	0.036	0.327	0.024	0.742
2	Chimalhuacán	440	24,661	25,101	7,640	0.18	1.445	0.166	1.490	0.110	3.387
35	Ecatepec de Morelos	22,871	375,141	398,012	119,481	2.79	22.915	2.627	23.632	1.751	53.711
37	Gustavo A. Madero	42,209	436,698	478,907	137,646	3.35	27.573	3.161	28.435	2.107	64.628
4	Huehuetoca	1,728	34,196	35,924	0	0.252	2.069	0.237	2.133	0.158	4.849
5	Huixquilucan	12,640	55,207	67,847	9,283	0.47	3.906	0.448	4.028	0.299	9.156
4	Ixtapaluca	2,460	54,442	56,903	18,461	0.40	3.276	0.376	3.379	0.250	7.679
10	Iztacalco	9,751	111,884	121,635	7,734	0.85	7.003	0.803	7.222	0.535	16.414
53	Iztapalapa	55,801	781,542	754,293	112,882	4.70	38.649	4.430	39.857	2.954	90.589
4	Jilotepec	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	La Paz	860	20,760	21,620	12,320	0.15	1.245	0.143	1.284	0.095	2.918
2	Magdalena Contreras	5,740	40,501	46,241	0	0.32	2.662	0.305	2.745	0.203	6.240
1	Melchor Ocampo	0	9,220	9,220	6,308	0.06	0.531	0.061	0.547	0.041	1.244
35	Miguel Hidalgo	59,794	310,490	370,283	10,681	2.59	21.319	2.444	21.985	1.629	49.969
1	Milpa Alta	0	18,380	18,380	0	0.13	1.058	0.121	1.091	0.081	2.480
14	Naucalpan de Juárez	40,729	295,175	335,904	22,753	2.35	19.339	2.217	19.944	1.478	45.330
14	Nezahualcoyotl	11,284	273,373	284,658	13,314	1.99	16.389	1.879	16.901	1.252	38.414
6	Nicolás Romero	2,540	48,136	50,676	26,660	0.35	2.918	0.334	3.009	0.223	6.839
1	Nopala	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	Ojo de Agua	480	8,000	8,480	5,643	0.06	0.488	0.056	0.503	0.037	1.144
1	Ozumba	280	6,120	6,400	1,100	0.04	0.368	0.042	0.380	0.028	0.864
1	Polotitlán	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	Progreso de Obregón	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	San Andrés Timilpan	0	0	0	0	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	San Juan Teotihuacán	300	7,760	8,060	2,740	0.06	0.464	0.053	0.479	0.035	1.088
3	Tecámac	2,660	30,421	33,081	19,580	0.23	1.905	0.218	1.964	0.146	4.464
1	Tecamachalco	580	10,820	11,400	1,620	0.08	0.656	0.075	0.677	0.050	1.538
1	Teoloyucán	340	14,460	14,800	7,980	0.10	0.852	0.098	0.879	0.065	1.997
3	Tepetzotlan	4,220	35,620	39,840	37,391	0.28	2.294	0.263	2.365	0.175	5.376
5	Texcoco	4,860	73,222	78,082	39,321	0.55	4.496	0.515	4.636	0.344	10.537
8	Tezoyuca	0	13,177	13,177	8,081	0.09	0.759	0.087	0.782	0.058	1.778
2	Tláhuac	2,760	54,719	57,479	9,822	0.40	3.309	0.379	3.413	0.253	7.757
1	Tlalmanalco	240	3,700	3,940	1,280	0.03	0.227	0.026	0.234	0.017	0.532
25	Tlalnepantla	51,205	364,883	416,088	98,261	2.913	23.956	2.746	24.705	1.831	56.150
11	Tlalpan	20,400	165,876	186,277	37,780	1.30	10.725	1.229	11.060	0.820	25.138
3	Tultepec	1,680	21,920	23,600	6,020	0.17	1.359	0.156	1.401	0.104	3.185
6	Tultitlán	4,800	84,241	89,041	16,156	0.62	5.126	0.588	5.287	0.392	12.016
29	Venustiano Carranza	23,019	288,382	311,401	30,474	2.18	17.929	2.055	18.489	1.370	42.023
1	Villa del Carbón	220	4,527	4,747	2,557	0.03	0.273	0.031	0.282	0.021	0.641
1	Xalostoc	400	8,160	8,560	3,720	0.06	0.493	0.056	0.508	0.038	1.155
6	Xochimilco	8,620	111,501	120,122	10,653	0.84	6.916	0.793	7.132	0.529	16.210
3	Zumpango	1,400	31,799	33,199	15,580	0.23	1.911	0.219	1.971	0.146	4.480
	22	5,280	83,000	88,280	25,480	0.62	5.083	0.583	5.242	0.388	11.913
343	Distrito Federal	448,560	3,800,929	4,249,489	575,877	30	245	28	252	18	573
150	Estado de México	185,978	2,036,584	2,222,562	473,879	16	128	14	132	10	300
493	ZMVM	634,538	5,837,513	6,472,051	1,049,756	46	373	42	384	28	873
75	Otros Municipios	23,195	399,241	422,436	186,001	3	25	3	25	2	58
568	Total	657,733	6,236,754	6,894,487	1,235,757	49	398	45	409	30	931

Nota: ECOT = ECOV = EHCNM = EHCT; S/E: Sin entidad federativa

A.2.6 Carga de combustible en aeronaves.

La estimación de hidrocarburos emitidos a la atmósfera, ocurre por desplazamiento cuando se recarga el tanque de una aeronave, la cantidad de vapores desplazados dependen de la temperatura y presión de vapor del combustible, de la temperatura del tanque y la tasa de recarga del combustible, se estima que las emisiones de COV constituyen el 100% de los COT dado que se supone que las fracciones de metano y etano son despreciables.

Las emisiones fueron estimadas considerando el volumen de venta o distribución de combustibles multiplicado por los factores de emisión del combustible COV correspondiente, los factores de emisión son estimados usando la ecuación A.2.19 editada por en el AP-42,1995 y sustituyendo los datos de la tabla A.2.47 se obtuvo el factor de emisión COV correspondiente.

$$FEa = 12.46 * [SP(PM)/T] \dots\dots\dots A.2.19$$

Donde:

- FEa = Factor de emisión en libras de COT por 1,000 galones de combustible usado,
- S = Factor de saturación,
- P = Presión de vapor verdadera del combustible [PSIA] a temperatura ambiente,
- PM= peso molecular de los vapores [lb/lb mol],
- T = Temperatura de la masa del líquido cargado a temperatura ambiente [°R].

Tabla A.2.47 Propiedades (PM y P, S) y factor de emisión de combustibles

Combustible	S ¹⁸	P @73.36°F [PSIA]	PM [lb/lbmol]	T [°R]	Factor de emisión [lb COT/1000 gal]
Turbosina	1.45	0.009	130	533.36	0.0379
Gas avión 100/130	1.45	5	65.3	533.36	9.733

Fuente: Pemex Gas y Petroquímica Básica/ Programa Para Inventarios de Emisiones de México.

Para estimar las emisiones en la recarga de combustible se aplica el producto del factor de emisión y el consumo de combustible, como se indica en la ecuación A.2.20.

$$Ea = [FEa * Ca]/2202.6 \dots\dots\dots A.2.20.$$

Donde:

- Ea = Emisiones totales producidas en la carga de combustible en aviones [ton/año],
- FEa= Factor de emisión para la carga de combustibles en aviones [lb COT/1000 gal],
- Ca = Distribución del combustible [1000 gal].

En el periodo a inventariar se distribuyeron 308,356 mil galones de turbosina y 80.47 mil galones de gas Avión ver tabla A.2.48.

Aplicando la ecuación A.2.20 se obtuvieron los resultados de la tabla A.2.48 la cual indica la contribución mensual de emisiones por este sector.

18 Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

Tabla A.2.48 Distribución de combustibles de aeronaves
[miles de galones]

Mes	Turbosina	Gas avión 100/130
Enero	25,586	3.74
Febrero	23,509	6.45
Marzo	25,018	6.12
Abril	24,330	8.35
Mayo	24,810	4.94
Junio	24,618	8.51
Julio	26,488	5.83
Agosto	27,267	8.07
Septiembre	26,081	8.59
Octubre	27,117	5.71
Noviembre	26,628	8.50
Diciembre	26,903	5.67
Total	308,356	80.47

Fuente: Aeropuerto y servicios auxiliares/ Gerencia de combustibles

Tabla A.2.49 Distribución mensual de emisiones de COT por carga de combustible en aeronaves
[ton/año]

Mes	Turbosina	Gas avión 100/130	Subtotal
Enero	0.4399	0.0165	0.4564
Febrero	0.4042	0.0285	0.4327
Marzo	0.4301	0.0270	0.4572
Abril	0.4183	0.0369	0.4552
Mayo	0.4266	0.0218	0.4484
Junio	0.4233	0.0376	0.4609
Julio	0.4554	0.0258	0.4812
Agosto	0.4688	0.0356	0.5045
Septiembre	0.4484	0.0380	0.4864
Octubre	0.4662	0.0252	0.4915
Noviembre	0.4578	0.0376	0.4954
Diciembre	0.4626	0.0250	0.4876
Total	5.3018	0.3556	5.6574

COV=COT

A.2.7 Almacenamiento y distribución de gas LP

La importancia de estimar las emisiones de estos hidrocarburos radica en la alta concentración en el aire ambiente de la ZMVM de propano y butano, componentes principales del gas LP. El almacenamiento masivo y distribución de gas LP involucra a las terminales de almacenamiento y distribución de gas LP (TAD_GLP), en éstas se realizan procesos de trasvasado del hidrocarburo al tanque de almacenamiento masivo o dispensario, la descarga de semirremolques, la recarga de autotanques y el llenado de recipientes portátiles; La distribución del producto consiste en la descarga de autotanques en estaciones de servicio, tanques estacionarios y la distribución y venta de recipientes portátiles. El factor de emisión de COT y COV es multiplicado por el suministro de gas LP a la Zona Metropolitana del Valle de México y por el factor de ajuste de la actividad realizada por entidad federativa, como lo muestra la ecuación A.2.21.

$$E_{i,j} = (FA) * (FE_{i,j}) * (FP_{j,z}) \dots\dots\dots A.2.21$$

Donde:

- $E_{i,j}$ = Emisión en [kg/año] del contaminante i referido a la actividad j,
- FA = Factor o nivel de actividad en [ton GLP- año] distribuidos en el área estudio,
- $FE_{i,j}$ = Factor de emisión en [kg/ton GLP-año] contaminante i referido a la actividad j,
- $FP_{j,z}$ = Factor de ajuste de la actividad j en la zona de aplicación z.

El factor de ajuste se determinó con la relación de las TAD_GLP ubicadas en el D.F. y EdoMéx durante el año 2000, de la misma forma se trata a las estaciones de servicio de GLP.

En la ZMVM se ubican 16 TAD-GLP y 4 estaciones de servicio, de las cuales 3 y 2 respectivamente se encontraban ubicadas en el Distrito Federal, por lo tanto por relación 3/16 y 3/6 son el factor de ajuste de actividad respectiva, como se muestra en la tabla A.2.50.

Las emisiones de metano se pueden estimar por balance de materiales, considerando que el contenido promedio de metano por litro de GLP es de 0.01% volumen y su densidad es de 0.555 kg/lit¹⁹, por lo tanto, en una tonelada de gas LP (COT) que se fuga a la atmósfera contiene 9.98*10⁻⁵ toneladas de metano.

$$\begin{aligned} \text{Base de cálculo} &= \text{Volumen de Gas LP} = 1 \text{ lt} \\ \delta_{\text{Gas LP}} &= 0.555 \text{ ton/m}^3 \\ \delta_{\text{CH}_4} &= 0.554 \text{ ton/m}^3 \text{ "aproximadamente"} \\ V_{\text{CH}_4} &= 0.01\% \text{Vol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Contenido de metano en 1 lt GLP} &= 1 \text{ lt} * (0.01\%/100) = 1*10^{-5} \text{ lt de CH}_4 \\ &= (1*10^{-5} \text{ lt} / 1000\text{m}^3/\text{lt}) 0.554\text{ton/m}^3 = 5.54*10^{-8} \text{ ton CH}_4 \end{aligned}$$

$$\text{Peso de 1 lt GLP} = (1 \text{ lt GLP} / 1000 \text{ lt/m}^3) * 0.555 \text{ ton/m}^3 = 5.55*10^{-4} \text{ ton GLP}$$

Se estima que por cada tonelada de GLP que se emite a la atmósfera por fugas contiene:

$$\frac{5.54*10^{-8} \text{ ton CH}_4}{5.55*10^{-4} \text{ ton GLP}} = 9.98*10^{-5} \frac{\text{ton CH}_4}{\text{ton GLP COT}}$$

La estimación de emisiones de Hidrocarburos no Metano (HCNM), Hidrocarburos Totales (HCT) fue estimada con las siguientes relación y los datos de las tablas A.2.51 y A.2.52 muestra las emisiones obtenidas.

$$E_{\text{HCNM}} = E_{\text{COT}} - E_{\text{CH}_4} - E_{\text{Aldh}} \quad ; \quad E_{\text{HCT}} = E_{\text{COT}} - E_{\text{Aldh}}$$

19 Información proporcionada por Pemex Gas y Petroquímica Básica / Análisis de calidad de gas licuado en el I-PG – Ducto, Terminal Tula 2000.

Tabla A.2.50 Indicadores de actividad por entidad federativa

Entidad Federativa	Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Población 2000 *	8,366,386	8,605,239	16,971,625
% Población *	49.3	50.7	100
Distribución de GLP [ton/año] **			2,080,222
Factor de ajuste Almacenamiento ***	0.81	0.19	1
Factor de ajuste Distribución ES ***	0.50	0.50	1
Factor de ajuste Distribución TE, RP ***	0.47	0.53	1

Fuente: *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Diciembre 2001. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Distrito Federal, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Resultados Definitivos; Tabulados Básicos Nacionales por Entidad Federativa; ** Pemex Gas y Petroquímica Básica; *** DIME-SMA-DF con datos de la Secretaría de Energía.

Tabla A.2.51 Estimación de emisiones terminal de almacenamiento de GLP

Actividad j	Factor de emisión* [kg/ton GLP -año]	Emisiones de COT [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Almacenamiento	0.107	181	42	223
Descarga de semirremolques	0.137	231	53	284
Recarga de autotanques	0.228	385	89	474
Llenado de recipientes portátiles	0.260	439	101	540
Total	0.732	1236	285	1521
Actividad j	Factor de emisión* [kg/ton GLP -año]	Emisiones de COV [ton/año]		
Almacenamiento	0.105	178	41	219
Descarga de semirremolques	0.134	227	52	280
Recarga de autotanques	0.224	379	87	466
Llenado de recipientes portátiles	0.255	432	100	531
Total	0.718	1216	280	1496
Actividad j	Factor de emisión [ton/ton COT -año]	Emisiones de CH4 [ton/año]		
Almacenamiento	9.98 * 10 ⁻⁵	0.018	0.004	0.022
Descarga de semirremolques		0.023	0.005	0.028
Recarga de autotanques		0.038	0.009	0.047
Llenado de recipientes portátiles		0.043	0.010	0.053
Total		0.122	0.028	0.150

Fuente: Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. Se asume que las emisiones de COV son 98.4%COT, las emisiones de COT =HCT=HCNM, debido a que las emisiones de metano son despreciables y no emite aldehídos, las emisiones de HCNM=COT-CH4-Aldh, HCT=HCNM+CH4 . * Efectos del Gas LP en la ZMCM Memoria Técnica del Estudio PEMEX, Gas y Petroquímica Basica1997.

Tabla A.2.52 Estimación de emisiones distribución de GLP

Actividad j	Factor de emisión* [kg/ton GLP -año]	Emisiones de COT [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Descarga autotanques en ES.	0.262	272	272	544
Descarga en tanques estacionarios TE	0.229	224	252	476
Venta de recipientes portátiles RP.	3.598	3,518	3,967	7,484
Total	4.089	4,014	4,491	8,504
Actividad j	Factor de emisión* [kg/ton GLP -año]	Emisiones de COV [ton/año]		
Descarga autotanques en ES.	0.257	268	268	536
Descarga en tanques estacionarios TE.	0.225	220	248	468
Venta de recipientes portátiles RP.	3.540	3,461	3,903	7,365
Total	4.022	3,949	4,419	8,369
Actividad j	Factor de emisión [ton/ton COT -año]	Emisiones de CH4 [ton/año]		
Descarga autotanques en ES.	9.98 * 10 ⁻⁵	0.027	0.027	0.054
Descarga en tanques estacionarios TE.		0.022	0.025	0.047
Venta de recipientes portátiles RP.		0.351	0.396	0.747
Total		0.400	0.448	0.848

Fuente: *Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. Se asume que las emisiones de COV son 98.4%COT, las emisiones de COT =HCT=HCNM, debido a que las emisiones de metano son despreciables y no emite aldehídos, las emisiones de HCNM=COT-CH4-Aldh, HCT=HCNM+CH4 .

A.2.8 Fugas de gas LP en uso doméstico

La metodología de estimación de esta fuente de emisión es la del estudio realizado por Pemex Gas y Petroquímica Básica en conjunto con el Instituto Mexicano del Petróleo, así como del estudio desarrollado por el TÜV Rheinland de México S.A. de C.V. de los cuales se obtuvieron los siguientes factores de emisión presentes en la tabla A.2.53. Se asume que el 98.4% de los COT son COV.

Tabla A.2.53 Factor de emisión para fugas de gas LP

Categoría	Fuente de emisión "Actividad"	FE _{i,j} [ton/accesorio-año]	
		COT*	COV**
Accesorios en instalaciones domésticas	Tanque portátil (TP)	3.03E-05	2.98E-05
	Conexiones en TP	2.07E-03	2.04E-03
	Picteles en TP	1.97E-03	1.94E-03
	Válvulas de paso en TP	2.42E-05	2.38E-05
	Reguladores en TP	1.09E-03	1.07E-03
	Tanque estacionario (TE)	1.05E-03	1.03E-03
	Válvulas de paso en TE	2.42E-05	2.38E-05
	Reguladores en TE	1.09E-03	1.07E-03
	Estufas	1.21E-04	1.19E-04
	Calentadores	1.21E-04	1.19E-04
Apagado y encendido de pilotos	Pilotos apagados en estufas	1.02E-03	1.00E-03
	Pilotos apagados en calentadores	1.57E-07	1.54E-07
	Pilotos encendido de estufas	2.24E-04	2.20E-04
	Pilotos encendido de calentadores	1.57E-07	1.54E-07
HNQC	Estufas	5.42E-03	5.33E-03
	Calentadores	2.33E-03	2.29E-03

Fuente: * Pemex Gas y Petroquímica Básica/ Instituto Mexicano del Petróleo/ TÜV Rheinland de México S.A. de C.V.; ** Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. HNQC: Hidrocarburos no quemados por combustión; # TP: Número de tanques portátiles; # TE. Número de tanques estacionarios; # ESTF: Número de estufas a GLP, # ESTFcp: Número de estufas con piloto, # CAL: Número de calentadores.

Para estimar la emisión de contaminantes, el factor de emisión fue multiplicado por el número de accesorios, como lo muestra la ecuación A.2.22.

$$E_{i,j} = (FA) * (FE_{i,j}) \dots\dots\dots A.2.22$$

Donde:

- E_{i,j} = Emisión en [ton/año] del contaminante i referido a la actividad j,
- FA = Nivel de actividad en [# equipos-año] en la zona de estudio,
- FE_{i,j} = Factor de emisión en [ton/# equipos-año] del contaminante i referido a la actividad j.

La tabla A.2.54 muestra el nivel de población y vivienda del D.F. esta información es necesaria para estimar el número de accesorios o equipos "tanques portátiles, estacionarios, estufas y calentadores" en casa habitación; por otra parte se requiere de factores de saturación del equipamiento en viviendas como lo muestra la tabla A.2.55.

Tabla A.2.54 Indicadores demográficos del Distrito Federal, 2000

Población	Viviendas
8,605,239	2,132,413

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Diciembre 2001. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: Distrito Federal, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, Resultados Definitivos; Tabulados Básicos Nacionales por Entidad Federativa. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

Tabla A.2.55 Factores de saturación de equipos a GLP en casa habitación del Distrito Federal, 2000

Factor de saturación de estufas a GLP	
Estufas a GLP	0.9709
Con piloto	0.798
Sin piloto (encendido con cerillo)	0.095
Encendido electrónico	0.107
Factor de saturación de calentadores a GLP	
Factor de saturación de calentadores a GLP	0.6204
Factor de saturación de instalaciones a GLP	
Con tanque portátil.	0.808
Con tanque estacionario.	0.192

Fuente: Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH-2000) Características de las viviendas por niveles de ingresos de sus hogares.

Para la estimación del número de accesorios en la zona de estudio (D.F.), se considera como primer argumento la necesidad de que cada vivienda ocupe por lo menos una estufa, esto es:

$$\# \text{ Viviendas} = \# \text{ Estufas} = 2,132,413$$

El producto del número de estufas por el factor de saturación de estufas a GLP da como resultado las estufas que utilizan GLP:

$$\# \text{ Estufas}_{\text{GLP}} = \# \text{ Estufas} * 0.9709 = 2,070,360$$

Se asume también que por lo menos cada estufa tiene un tanque portátil, por lo que el producto del número de estufas a GLP y el factor de saturación de estufas a tanque portátil, da como resultado el número de tanques portátiles, es decir:

$$\# \text{ Tanques Portátil} = \# \text{ Estufas}_{\text{GLP}} * 0.808 = 1,672,086 \text{ Recipientes portátil}$$

El producto del número de estufas a GLP y el factor de saturación de estufas a tanque estacionario, da como resultado el número de tanques estacionarios, es decir:

$$\# \text{ Tanques Estacionarios} = \# \text{ Estufas}_{\text{GLP}} * 0.192 = 398,279 \text{ Recipientes estacionarios}$$

El número de calentadores estimado, se calculó por el producto del número de viviendas y el factor de saturación de calentadores a GLP, es decir:

$$\# \text{ Calentadores} = \# \text{ Viviendas} * 0.6204 = 1,322,949 \text{ Calentadores}$$

El número de estufas con piloto fue estimado por el producto del número de estufas a GLP y el factor de saturación de estufas a GLP con piloto, es decir:

$$\# \text{ Estufas con piloto} = \# \text{ Estufas} * 0.798 = 1,652,147 \text{ Estufas con piloto a GLP}$$

De la misma forma se estimaron el número de estufas de encendido electrónico y sin piloto. La información para el Estado de México, se trata de la misma forma que la del Distrito Federal, los resultados se encuentran en la tabla A.2.56.

Tabla A.2.56 Equipamiento estimado por entidad federativa

Entidad Federativa	Distrito Federal	Estado de México
Estufas	2,132,413	1,913,838
Estufas GLP	2,070,360	1,858,145
Estufas encendido electrónico	221,528	198,822
Estufas con piloto	1,652,147	1,482,800
Estufas sin piloto	196,684	176,524
Calentadores a GLP	1,322,949	1,187,345
Tanque portátil "TP"	1,672,086	1,500,695
Tanque estacionario "TE"	398,274	357,451

Fuente: DIME-SMA-DF con datos de INEGI

Para la estimación de emisiones se utilizó la ecuación A.2.22 en la cual se sustituyeron los datos del nivel de actividad correspondientes, así como el factor de emisión asociado a la actividad como se muestra en la tabla A.2.57 para el Distrito Federal y la tabla A.2.58 para el Estado de México.

Tabla A.2.57 Nivel de actividad, factor de emisión y cálculo de emisiones de COT, COV por fugas de GLP en el Distrito Federal

Categoría	Fuente de emisión "Actividad"	Nivel de actividad		FE _{i,j} [ton/accesorio-año]		Emisión [ton/año]	
		#ACC*	Unidades	COT**	COV***	COT	COV
Accesorios en Instalaciones domésticas	Tanque portátil (TP)	1,672,086	# TP/año	3.03E-05	2.98E-05	51	50
	Conexiones en TP			2.07E-03	2.04E-03	3,461	3,406
	Picteles en TP			1.97E-03	1.94E-03	3,294	3,241
	Válvulas de paso en TP			2.42E-05	2.38E-05	40	39
	Reguladores en TP			1.09E-03	1.07E-03	1,823	1,794
	Tanque estacionario (TE)	398,279	# TE/año	1.05E-03	1.03E-03	418	411
	Válvulas de paso en TE			2.42E-05	2.38E-05	10	10
	Reguladores en TE			1.09E-03	1.07E-03	434	427
	Estufas	2,070,360	# EF/año	1.21E-04	1.19E-04	251	247
Calentadores	1,322,949	# CAL/año	1.21E-04	1.19E-04	160	158	
Apagado y Encendido de pilotos	Apagados en estufas	1,652,147	# EFcp/año	1.02E-03	1.00E-03	1685	1,658
	Apagados en calentadores	1,322,949	# CAL/año	1.57E-07	1.54E-07	0.21	0.21
	Encendido de estufas	1,652,147	# EFcp/año	2.24E-04	2.20E-04	370	364
	Encendido de calentadores	1,322,949	# CAL/año	1.57E-07	1.54E-07	0.21	0.21
HNQC	Estufas	2,070,360	# EFcp/año	5.42E-03	5.33E-03	11,221	11,041
	Calentadores	1,322,949	# CAL/año	2.33E-03	2.29E-03	3,082	3,033
Total					26,300	25,880	

Fuente: * DIME-SMA-DF con datos de INEGI; ** Pemex Gas y Petroquímica Básica/ Instituto Mexicano del Petróleo/ TÜV Rheinland de México S.A. de C.V.; *** Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. HNQC: Hidrocarburos no quemados por combustión; #ACC: Número de accesorios en el D.F.; # TP: Número de tanques portátiles; # TE. Número de tanques estacionarios; # EF: Número de estufas a GLP; # EFcp: Número de estufas con piloto; # CAL: Número de calentadores.

Tabla A.2.58 Nivel de actividad, Factor de emisión y Cálculo de emisiones de COT, COV por fugas de GLP en el Estado de México

Categoría	Fuente de emisión "Actividad"	Nivel de actividad		FE _{i,j} [ton/accesorio-año]		Emisión [ton/año]	
		#ACC*	Unidades	COT**	COV***	COT	COV
Accesorios en instalaciones domésticas	Tanque portátil (TP)	1,500,695	# TP/año	3.03E-05	2.98E-05	45	45
	Conexiones en TP			2.07E-03	2.04E-03	3,106	3,057
	Picteles en TP			1.97E-03	1.94E-03	2,956	2,909
	Válvulas de paso en TP			2.42E-05	2.38E-05	36	36
	Reguladores en TP			1.09E-03	1.07E-03	1,636	1,610
	Tanque estacionario (TE)	357,451	# TE/año	1.05E-03	1.03E-03	375	369
	Válvulas de paso en TE			2.42E-05	2.38E-05	9	9
	Reguladores en TE			1.09E-03	1.07E-03	390	383
	Estufas			1,913,838	# EF/año	1.21E-04	1.19E-04
Calentadores	1,187,345	# CAL/año	1.21E-04	1.19E-04	144	141	
Apagado y Encendido de pilotos	Apagados en estufas	1,482,800	# EFcp/año	1.02E-03	1.00E-03	1,512	1,488
	Apagados en calentadores	1,187,345	# CAL/año	1.57E-07	1.54E-07	0.2	0.18
	Encendido de estufas	1,482,800	# EFcp/año	2.24E-04	2.20E-04	332	327
	Encendido de calentadores	1,187,800	# CAL/año	1.57E-07	1.54E-07	0.2	0.18
HNQC	Estufas	1,482,800	# EFcp/año	5.42E-03	5.33E-03	10,071	9,910
	Calentadores	1,187,800	# CAL/año	2.33E-03	2.29E-03	2,767	2,722
Total						23,604	23,227

Fuente: * DIME-SMA-DF con datos de INEGI; ** PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ Instituto Mexicano del Petróleo/ TÜV Rheinland de México S.A. de C.V.; *** Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. HNQC: Hidrocarburos no quemados por combustión; #ACC: Número de accesorios en el D.F.; # TP: Número de tanques portátiles; # TE: Número de tanques estacionarios; # EF: Número de estufas a GLP; # EFcp: Número de estufas con piloto; # CAL: Número de calentadores.

Las emisiones de metano fueron estimadas por balance de materiales, considerando que el contenido promedio de metano en un litro GLP es de 0.01% volumen y su densidad del GLP²⁰ es de 0.555 kg/lit y la del metano es de 0.5539 kg/lit¹⁰ por lo tanto, por cada tonelada de GLP (COT) que se fuga a la atmósfera contiene 9.98*10⁻⁵ toneladas de metano. La estimación de HCNM y HCT fue estimada con las siguientes relación. Las tablas A.2.59 y A.2.60 muestran las emisiones obtenidas.

$$E_{HCNM} = E_{COT} - E_{CH_4} - E_{Aldh}$$

$$E_{HCT} = E_{COT} - E_{Aldh}$$

Tabla A.2.59 Emisiones estimadas por fugas de GLP en el Distrito Federal

Categoría	Fuente de emisión	Emisión [ton/año]				
		COT	COV	CH ₄	HCNM	HCT
Accesorios en instalaciones domésticas	Tanque portátil (TP)	51	50	0.005	50.995	51
	Conexiones en TP	3,461	3,406	0.345	3,460.655	3,461
	Picteles en TP	3,294	3,241	0.329	3,293.671	3,294
	Válvulas de paso en TP	40	39	0.004	39.966	40
	Reguladores en TP	1,823	1,794	0.182	1,822.818	1,823
	Tanque estacionario (TE)	418	411	0.042	417.958	418
	Válvulas de paso en TE	10	10	0.001	9.999	10
	Reguladores en TE	434	427	0.043	433.957	434
	Estufas	251	247	0.025	250.975	251
	Calentadores	160	158	0.016	159.984	160
Apagado y encendido de pilotos	Apagados en estufas	1,685	1,658	0.168	1,684.832	1,685
	Apagados en calentadores	0.21	0.21	0.000	0.210	0.21
	Encendido de estufas	370	364	0.037	369.963	370
	Encendido de calentadores	0.21	0.21	0.000	0.210	0.210
	Total	11,997.42	11,805.42	1.197	11,996.193	11,997.42
HNQC	Estufas	11,221	11,041	1.120	11,219.880	11,221
	Calentadores	3,082	3,033	0.308	3,081.692	3,082
Total		14,303	14,074	1.428	14,301.572	14,303

HNQC: Hidrocarburos no quemados por combustión; #ACC: Número de accesorios en el D.F.; # TP: Número de tanques portátiles; # TE: Número de tanques estacionarios; # ESTF: Número de estufas a GLP; # ESTFcp: Número de estufas con piloto; # CAL: Número de calentadores.

20 Información proporcionada por PEMEX Gas y Petroquímica Básica / Análisis de calidad de gas licuado en el I-PG – Ducto, Terminal Tula 2000.

Tabla A.2.60 Emisiones estimadas por fugas de GLP en el Estado de México

Categoría	Fuente de emisión "Actividad"	Emisión [ton/año]				
		COT	COV	CH ₄	HCNM	HCT
Accesorios en Instalaciones domésticas	Tanque portátil (TP)	45	45	0.004	45.00	45
	Conexiones en TP	3,106	3,057	0.310	3,105.69	3,106
	Picteles en TP	2,956	2,909	0.295	2,955.71	2,956
	Válvulas de paso en TP	36	36	0.004	36.00	36
	Reguladores en TP	1,636	1,610	0.163	1,635.84	1,636
	Tanque estacionario (TE)	375	369	0.037	374.96	375
	Válvulas de paso en TE	9	9	0.001	9.00	9
	Reguladores en TE	390	383	0.039	389.96	390
	Estufas	225	221	0.022	224.98	225
Apagado y Encendido de pilotos	Calentadores	144	141	0.014	143.99	144
	Apagados en estufas	1,512	1,488	0.151	1,511.85	1,512
	Apagados en calentadores	0.2	0.18	0.000	0.20	0.2
	Encendido de estufas	332	327	0.033	331.97	332
	Encendido de calentadores	0.2	0.18	0.000	0.20	0.2
<i>Total</i>		<i>10,766.4</i>	<i>10,595.36</i>	<i>1.073</i>	<i>10,765.35</i>	<i>10,766.4</i>
HNQC	Estufas	10,071	9,910	1.005	10,070.00	10,071
	Calentadores	2,767	2,722	0.276	2,766.72	2,767
Total		12,838	12,632	1.281	12,836.72	12,838

HNQC: Hidrocarburos no quemados por combustión; #ACC: Número de accesos en el D.F.; # TP: Número de tanques portátiles; # TE: Número de tanques estacionarios; # ESTF: Número de estufas a GLP; # ESTFcp: Número de estufas con piloto; # CAL: Número de calentadores.

Tabla A.2.61 Emisiones estimadas ZMVM

Actividad	COT	COV	CH ₄	HCNM	HCT
Fugas de GLP en uso doméstico	22,763	22,400	2	22,761	22,763
HCNQ	27,141	26,706	2	27,139	27,141

A.2.9 Fuentes industriales ligeras y comerciales

Panaderías

La emisión de hidrocarburos clasificados en el presente inventario como COT son principalmente el etanol, como subproducto obtenido durante el proceso de fermentación de la levadura y el horneado de la misma para la elaboración de pan, pasteles y otras piezas horneadas. Las emisiones provenientes de este proceso biológico dependen de un gran número de variables como la cantidad de azúcares fermentables en la masa, el tiempo y temperatura de horneado entre los principales.

Con el objeto de validar el factor de emisión propuesto en el manual de inventario de emisiones para México, se procedió a identificar el número de panaderías de la delegación Iztapalapa, ya que cuenta con la población mas alta y se tiene casi la totalidad de las panaderías de la zona que reporta el Sistema de Información de Fuentes de Área "SIFA" de ellas se obtuvo la cantidad en peso de masa utilizada; del Sistema de Información Empresarial (SIEM) y del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, se consideró el número de establecimientos que reporta INEGI en el Distrito Federal, por ser el más alto y de reciente publicación se estimó el consumo de masa asociada.

Tabla A.2.62 Número de establecimientos y masa horneada

Fuente de información	Número Establecimientos	Masa horneada [ton/año]
Iztapalapa "SIFA"	128	14,491
INEGI ¹	2,507	X = 283,822

Fuente: * Encuesta 1997 DGPCC-RAMA-SIE; ** INEGI / XV Censo Industrial INEGI 1999, Cuadro MANA 03. Características principales de las unidades económicas manufactureras, según entidad federativa y rama de actividad.

Estimación del consumo per cápita de masa horneada en el Distrito Federal

$$(Cmp): Cmp = X/Hab$$

Hab: Número de habitantes en el área de estudio,
 Área de estudio: Distrito Federal,
 Nivel de población: 8,605,239 habitantes en el año 2000.

$$Cmp = (283,822/8,605,239)*1000 = 32.98 \text{ [kg masa/hab/año]}$$

La Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos "EPA U.S."²¹ reporta que el factor de emisión de Compuestos Orgánicos Totales "FE_{COT}" es de 5 a 8 kilogramos por tonelada de masa horneada²², considerando como el factor más probable para México el de 8 kilogramos/tonelada de masa horneada, con la información anterior se calcula el factor de emisión de COT per cápita (FE_{COT_P}) con la siguiente ecuación:

$$FE_{COT_P} = Cmp * FE_{COT}$$

Análisis dimensional

$$FE_{COT_P} = [\text{kg masa/hab/año}] * [\text{kg COT/ton masa}] * [\text{ton masa/kg masa}] \\ = [\text{kg de COT/hab/año}]$$

$$FE_{COT_P} = 32.98 * ((8) * (1/1000 \text{ kg masa})) = 0.26389 \text{ [kg de COT/hab/año]}$$

El factor de emisión obtenido comparado con el factor utilizado en 1998 y reportado en el manual del Programa de Inventarios de Emisiones para México de 0.155 kg. COT/hab/año, ya no sería aplicable; por lo tanto para el presente inventario se utilizará el factor calculado de 0.26384 kg. COT/hab/año; para estimar las emisiones del Distrito Federal y Estado de México.

El cálculo de la estimación de emisiones se realiza con la ecuación A.2.8. y las emisiones estimadas por entidad federativa para el contaminante COT, COV se reportan en la Tabla A.2.63.

Tabla A.2.63 Estimación de emisiones en artes gráficas

Contaminante	Factor de emisión [kg/habitante]	Emisiones de COT [ton/año]		
		Estado de México	Distrito Federal	ZMVM
Compuestos Orgánicos Totales	0.26389	2,208	2,271	4,479
Compuestos Orgánicos Volátiles	0.26389	2,208	2,271	4,479

Fuente: Metodología Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.

La levadura carece de metano y aldehídos en su composición, por lo tanto la emisión de HCT y HCNM son iguales a la emisión de COT.

²¹ U.S. Environmental Protection Agency "EPA U.S. August 1996. Emission Inventory Improvement Program: Preferred and Alternative Methods for Estimating Air Emissions. Vol. III, Chapters 5. Research Triangle Park, North Carolina. Formato digital Air Chief Vol. 8.

²² Adams, 1992

A.2.10 Esterilización en hospitales

Las emisiones de COT por la esterilización en hospitales, fueron estimadas usando la metodología para emisiones per cápita y en este caso especial depende de la variable número de camas, los factores de emisión presentes en la tabla A.2.64 fueron multiplicados por el número de camas de un hospital en particular el cual cumpliera con el rango establecido para la selección del factor de emisión.

Tabla A.2.64 Factores de emisión para esterilización en hospitales

Rango	Factor de emisión [kg/cama-año]
200 >x<500	0.590
x<200	0.770
x>500	0.820

Fuente: Procedures for Estimating and Allocating Area Source missions of Air Toxics, EPA Contract No. 68-02-4254 Work Assignment No.105

El nivel de actividad fue obtenido de la base de datos del inventario 1994 en la cual se establece la ubicación, el número de camas totales (censables + no censables) para el Distrito Federal al mismo año se estimaba un total de 106 unidades de hospitalización con 25,489 camas; la actualización de la base de datos para el año dos mil²³ indica que ya existían 111 unidades de hospitalización con 22,733 camas.

De 1994 al año 2000 la plantilla de centros hospitalarios en el Distrito Federal presenta un incremento del 4.5% y un decremento del 10.8% en el número de camas; Los registros obtenidos para el Distrito Federal del año 1994 se mantendrán vigentes, ya que se desconoce la ubicación de los nuevos registros, sin embargo se ajustara el número de camas a cada uno de los registros existentes utilizando un factor de forma tal que en el momento de realizar la espaciación de emisiones la resolución tenga la menor incertidumbre posible, como le muestra la ecuación A.2.23.

$$((\# \text{ camas}_{1994} - \# \text{ camas}_{2000}) / \# \text{ camas}_{1994}) \text{ ----- A.2.23}$$

$$(25,489 - 22,733)/25,489 = 0.11$$

$$fa = 1-0.11 = 0.89$$

Ahora, la metodología de estimación de emisiones consiste en la aplicación de la Ecuación A.2.24.

$$E_{i,j} = (FA_j) * (FE_{i,j}) * fa \text{A.2.24}$$

Donde:

- E_{i,j} = Emisión del contaminante i (COT) [kg/año] referido al hospital j,
 - FE_{i,j} = Factor de emisión del contaminante i (COT) [kg/cama – año] referido al hospital j,
 - FA_j = Nivel de actividad del hospital j [camas/año] ubicado en el área de estudio,
 - fa= Factor de ajuste 0.89,
- Es necesario saber el número de camas por hospital, ya que los factores de emisión establecidos, son referidos por rangos.

23 En el año de 1999 se enviaron varios oficios a diferentes institutos de seguridad social de gobierno y privadas, con el objeto de definir el número de camas (las cuales permanecieron casi constantes), con este sistema se determino que ningún instituto realiza operaciones de incineración y que los residuos son enviados a una empresa tratadora de residuos biológicos infecciosos acreditada.

Ejemplo:

Un hospital del IMSS ubicado en Álvaro Obregón, en el año de 1994 contaba con 1,606 camas, estimar las emisiones por esterilización para el año 2000.

El factor de emisión a utilizar, esta referido en la tabla A.2.20 (mayor a 500 camas).

$$E_{\text{COT}} = (1,606 * 0.820 * 0.89) / 1,000 = 1.172 \text{ ton/año}$$

La emisión de COT para el resto de resto de los hospitales ubicados en la base de datos correspondiente, se le aplicó el procedimiento anterior y los resultados obtenidos se resumen en la tabla A.2.65.

Tabla A.2.65. Indicadores de actividad y estimación de emisiones

Delegación/Municipio	# Hospital	# Camas	Emisión COT=COV [ton/año]
Álvaro Obregón	8	3,208	2.092
Azcapotzalco	8	3,943	2.801
Benito Juárez	8	2,444	1.706
Coyoacán	5	955	0.685
Cuajimalpa de Morelos	2	22	0.015
Cuauhtémoc	21	4,371	2.794
Gustavo A. Madero	15	2,922	1.658
Iztacalco	3	396	0.222
Iztapalapa	10	2,015	1.375
Magdalena Contreras	2	30	0.021
Miguel Hidalgo	8	812	0.516
Milpa Alta	1	44	0.030
Tláhuac	1	45	0.031
Tlalpan	7	2,733	1.873
Venustiano Carranza	6	1,469	1.059
Xochimilco	1	80	0.055
Atizapán	1	249	0.147
Cuautitlán	1	227	0.134
Ecatepec	1	211	0.124
Naucalpan	4	343	0.264
Nezahualcoyotl	1	489	0.289
Tlalnepantla	1	188	0.145
Distrito Federal	106	25,489	16.933
Estado de México	9	1,707	1.103
ZMVM	115	27,196	18.036

La estimación de emisiones de metano es cero por no contenerlo en su composición de los solventes utilizados, por lo tanto las emisiones de HNM y HCT son iguales a la emisión de COT.

A.2.11 Manejo de residuos

Rellenos sanitarios

La producción per cápita de basura en la ZMVM se estima en 0.90 kg./hab/día²⁴; en el año 2000 se generaron cerca de 5,575,179 toneladas de residuos sólidos de variada composición (tabla A.2.66) y de estos solo el 10% es recuperado y aproximadamente el 90% es ubicado en sitios de disposición final.

Tabla A.2.66 Composición de los residuos sólidos municipales

Concepto	Composición
Papel y Cartón	23.42
Metal	3.5
Vidrio	7.44
Textiles	1.22
Plástico	10.91
Materia Orgánica	41.23
Otros (sin clasificar)	12.23

Fuente: Dirección Técnica de Desechos Sólidos. (1997)

Comúnmente el relleno sanitario es un método que se usa para la eliminación de residuos sólidos municipales, el cual para la disposición final de los residuos, se vierten en un lugar previamente elegido y construido de manera adecuada; Específicamente se manifiestan dos formas de contaminación ambiental tanto al aire como al suelo y agua:

El Metano (CH₄) y el Dióxido de Carbono (CO₂) son los principales constituyentes de los gases que se desprenden de un relleno sanitario.

La metodología para la estimación de contaminantes del aire (CH₄; CO₂; CONM) se basa en la utilización del modelo LANDFILL²⁵. La aplicación del modelo requiere de información relacionada al sitio de disposición: tasa de aceptación anual, año de apertura, año de clausura, capacidad del sitio. Tabla A.2.67.

Para mayor detalle de procedimiento y aplicación del programa, ver el Manual de Operación LANDFILL.

Tabla A.2.67 Indicadores de actividad en rellenos sanitarios

Sitio de disposición	Año de apertura	Año de clausura	Rango de aceptación anual promedio [ton/año]	Cantidad dispuesta [ton/año]
Bordo Poniente Etapa I	1985	1992	542,816	3,799,716
Bordo Poniente Etapa II	1988	1993	635,473	3,177,366
Bordo Poniente Etapa III	1991	1992	3,300,571	6,601,143
Bordo Poniente Etapa IV	1993	En uso	1,508,315	10,558,205
Santa Catarina	1982	En uso	882,750	15,006,750
Prados de la Montaña	1987	1994	764,752	5,353,270

Fuente: Dirección Técnica de Desechos Sólidos 1999.

24 Censo de población y vivienda INEGI 1992

25 El modelo se desarrolló en el CENTRO DE TECNOLOGÍA DE CONTROL "CTC", Para la Agencia de Protección Ambiental "EPA", de los Estados Unidos.

Los resultados de la aplicación del programa, se presentan en la tabla A.2.68., por otra parte, la suma de metano y los hidrocarburos no metanos dan como resultado la emisión de hidrocarburos totales.

Tabla A.2.68 Emisiones en rellenos sanitarios

Ubicación	Sitio de Disposición	Emisiones [ton/año]				
		CO ₂	COT	CH ₄	HCNM	HCT
Nezahualcoyotl	Bordo Poniente Etapa I	34,260	13,027	12,490	537	13,027
	Bordo Poniente Etapa II	31,580	12,005	11,510	495	12,005
	Bordo Poniente Etapa III	70,570	26,826	25,720	1,106	26,826
	Bordo Poniente Etapa IV	118,600	45,067	43,210	1,857	45,067
La Paz	Santa Catarina	153,300	58,272	55,870	2,402	58,272
Álvaro Obregón	Prados de la Montaña	53,340	20,276	19,440	836	20,276
Distrito Federal		53,340	20,276	19,440	836	20,276
Estado de México		408,310	155,197	148,800	6,397	155,197
ZMVM		461,650	175,472	168,240	7,232	175,472

Fuente: Emisiones estimadas con el programa LANDFILL.

A.2.12 Tratamiento de aguas residuales

Para estimar las emisiones de esta categoría, se recomienda utilizar el modelo CHEMDAT9 o el WATER8, si no cuenta con información suficiente, aplicar el factor de emisión de 1.3×10^{-5} kg de COT/litro de agua tratada, aplicando la siguiente ecuación.

$$E_{\text{COT}} = \text{Volumen de aguas Residuales tratadas} * FE_{\text{COT}} \text{ ----- A.2.25}$$

Únicamente se requiere de conocer la cantidad de agua, la cual se muestra en la tabla A.2.69 para el Distrito Federal y en la tabla A.2.70 para el Estado de México, en las mismas tablas se presentan las emisiones de COT obtenidas. Por otra parte, por la ausencia de aldehídos, se asume que las emisiones de HCT son iguales a los COT, y las emisiones de COV representan el 92% de los COT.

Tabla A.2.69 Volumen de agua tratada y emisiones en el Distrito Federal

Planta de Tratamiento	Delegación	Volumen tratado [m ³ /año]	Emisión [ton/año]	
			COT	COV
Rosario	Azcapotzalco	567,648	7.4	6.8
Ciudad Universitaria	Coyoacán	S/O	0.0	0.0
Coyoacán	Coyoacán	3,153,600	41.0	37.7
Acueducto de Guadalupe	Gustavo A. Madero	157,680	2.0	1.9
San Juan de Aragón	Venustiano Carranza	6,307,200	82.0	75.4
Ciudad Deportiva	Iztacalco	2,522,880	32.8	30.2
U.H. Picos Iztacalco	Iztacalco	315,360	4.1	3.8
Cerro de la Estrella	Iztapalapa	63,072,000	819.9	754.3
San Pedro Actopan	Milpa Alta	S/O	0.0	0.0
San Juan Ixtayopan	Tláhuac	409,968	5.3	4.9
San Andrés Mixquic	Tláhuac	S/O	0.0	0.0
San Lorenzo	Tláhuac	S/O	0.0	0.0
Abasolo	Tlalpan	473,040	6.1	5.7
Heroico Colegio Militar	Tlalpan	S/O	0.0	0.0
Parres	Tlalpan	236,520	3.1	2.8
Pemex	Tlalpan	473,040	6.1	5.7
Xicalco	Tlalpan	157,680	2.0	1.9
Reclusorio Sur	Xochimilco	473,040	6.1	5.7
San Luis Tlaxiátemalco	Xochimilco	2,365,200	30.7	28.3
Tlatelolco	Cuauhtémoc	630,720	8.2	7.5
Bosque de las Lomas	Miguel Hidalgo	567,648	7.4	6.8
Campo Militar N°1	Miguel Hidalgo	S/O	0.0	0.0
Lomas de Chapultepec	Miguel Hidalgo	3,784,320	49.2	45.3
U.H. Nonoalco Tlatelolco	Cuauhtémoc	567,648	7.4	6.8
Total		86,235,192	1,121	1,031

Fuente: * Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

Tabla A.2.70 Volumen de agua tratada y emisiones en el Estado de México

Planta de tratamiento	Municipio	Volumen tratado [m ³ /año]	Emisiones [ton/año]	
			COT	COV
Santa Cruz Atizapán	Atizapán	848,318	11.0	10.1
Lago de Texcoco I	Chimalhuacán	24,598,080	319.8	294.2
Lago de Texcoco I	Chimalhuacán	15,768,000	205.0	188.6
Lago de Texcoco I	Chimalhuacán	1,576,800	20.5	18.9
Cuatitlan Izcalli	Cuautitlán Izcalli	946,080	12.3	11.3
Lechería	Cuautitlán Izcalli	4,730,400	61.5	56.6
Papelera San Cristóbal	Ecatepec	6,937,920	90.2	83.0
Termoelec. Valle de México	Ecatepec	13,875,840	180.4	166.0
Tlapizahuac	Ixtapaluca	473,040	6.1	5.7
Naucali	Naucalpan	630,720	8.2	7.5
Parque Los Remedios	Naucalpan	56,765	0.7	0.7
Pintores	Naucalpan	157,680	2.0	1.9
U.H. Lomas Canteras	Naucalpan	94,608	1.2	1.1
U.H La Joya	Naucalpan	63,072	0.8	0.8
Jorge Ayanegui	Nezahualcoyotl	2,207,520	28.7	26.4
San Juan Ixhuatepec	Tlalnepantla	946,080	12.3	11.3
San Pablo Las Salinas	Tultitlán	1,892,160	24.6	22.6
Villa de San José	Tultitlán	31,536	0.4	0.4
Total		75,834,619	986	907

Fuente: * Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica

A.2.13 Fuentes de área misceláneas

Incendios forestales

El cálculo de estas emisiones contaminantes, se realizó de acuerdo con la metodología descrita en el volumen V “Desarrollo de Inventarios de Emisiones de Fuentes de Área” (Radian International, 1997), el documento de Thompson G. Pace (2002²⁶) y el AP-42 (US EPA, 1996), utilizando como base la siguiente ecuación:

$$E_i = Fe_i * L * C * A \dots \dots \dots A.2.26$$

Donde:

- E_i = emisiones del contaminante i [ton/año],
- Fe_i = factor de emisión para el contaminante i [g/kg.],
- L = carga de combustible [kg/ha],
- C = porcentaje de la carga de combustible que es consumido por el incendio,
- A = superficie quemada [ha].

El factor de emisión (Fe_i) de cada contaminante por tipo de vegetación siniestrada, se obtiene con base en los siguientes algoritmos, ver tabla A.2.71.

26 Thompson G. Pace, 2002. Development of Emissions Inventory Methods for Wildland Fire. Final Report. February 2002. US EPA.

Tabla A.2.71 Algoritmo para los factores de emisión

Contaminante	Algoritmo
CO	$961-(\eta \cdot 984)$
CH ₄	$42.7-(\eta \cdot 43.2)$
NMHC	$0.76+(FE \text{ CH}_4 \cdot 0.616)$
HC	$FE \text{ CH}_4 + FE \text{ NMHC}$
PM ₁₀	$1.18 \cdot FE \text{ PM}_{25}$
CO ₂ *	$1833 \cdot \eta$
NO _x *	2.5 forestal y 3.5 pastos
NH ₃ *	$0.0073 \cdot \text{CO}$
SO ₂ *	0.83

Fuente: Manual del Programa de Inventario de Emisiones de México AIR CHIEF, EPA, 1996-, Thompson G. Pace, 2002

La *eficiencia de combustión* completa ($\eta=1$) produce sólo agua, dióxido de carbono y una pequeña cantidad de contaminantes orgánicos, sin embargo en la practica es difícil que ocurra. Las estimaciones del consumo de combustible se calculan para las fases de combustión (llameante y sin llama), esto es importante debido a que cada fase ocurre a una *eficiencia de combustión* diferente. La combustión sin llama es muy ineficiente y produce más cantidad de contaminantes en comparación con la combustión llameante; debido a que no se cuenta con información para poder separar las fases de la combustión, se tomó la eficiencia promedio de combustión para los tipos de vegetación utilizados, Tabla A.2.72.

Los valores de la *carga de combustible* (L) son estimaciones de la masa secada al horno de los combustibles vegetales disponibles para ser consumidos por un incendio, cada componente del combustible tiene una propensión diferente a arder en un incendio y equilibra su contenido de humedad con el medio que lo rodea a una tasa diferente.

El porcentaje de la carga de combustible (C) que es consumido por el incendio, es función de muchas variables, por lo tanto existen modelos de consumo, que toman en cuenta la humedad del combustible, la velocidad el viento, por mencionar algunas, cuando no se cuenta con éstos modelos, se hace la suposición de que el 100% del combustible es consumido ($C = 1$). Para el cálculo del presente inventario se tomó dicho valor.

Tabla A.2.72 Eficiencia de combustión, factor de emisión de PM_{2.5} y carga de combustible

Vegetación	Carga de combustible (L) [kg/ha]	Factor de Emisión de PM _{2.5} [g/Kg.]	Eficiencia de combustión [h]
Cola de antilope-pasto	2317	6.99	0.90
Roble -pino	2317	6.95	0.90
Bosque de roble azul	819	8.09	0.89
Mezquite	2396	6.99	0.90
Pino-arbusto	7649	8.26	0.89
Pino-pastizal	5951	9.45	0.87
Abeto	7968	9.28	0.87

Fuente: Manual del Programa de Inventario de Emisiones de México

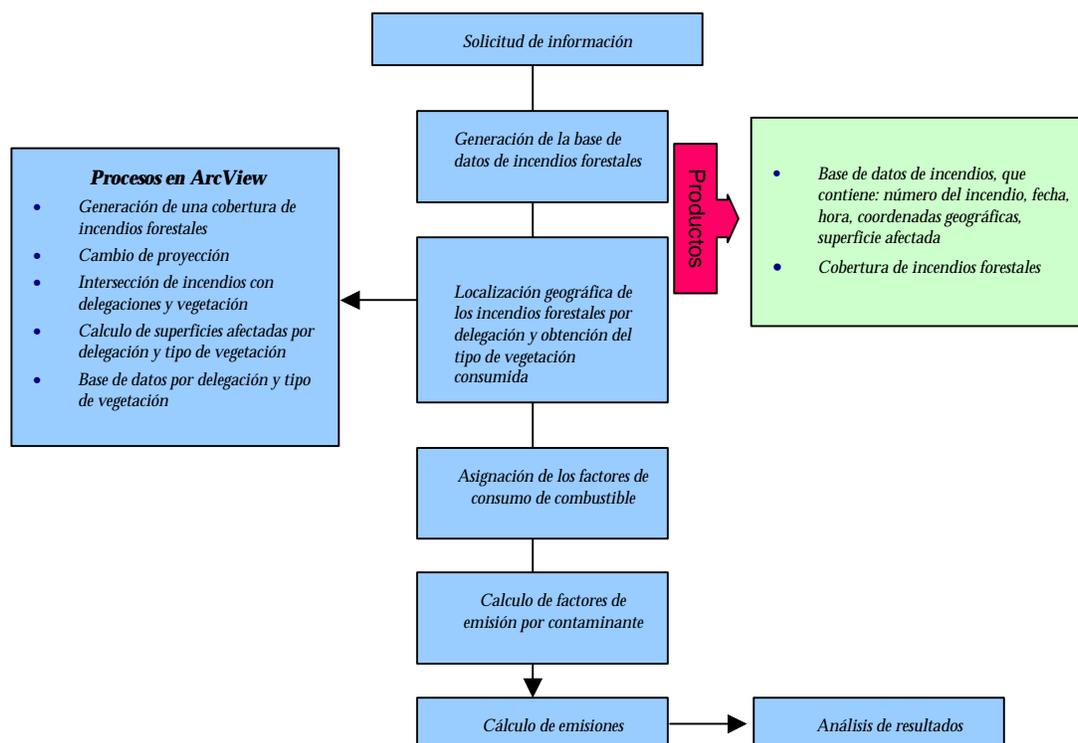
Para el cálculo de las emisiones por incendios forestales se cuantificó la superficie (A) afectada por los incendios forestales y conatos registrados en la Zona Metropolitana del Valle de México, Tabla A.2.73

Tabla A.2.73 Incendios y superficie siniestrada en la ZMVM

Entidad	Número de incendios	Superficie afectada [ha]
Distrito Federal	579	1,356
Estado de México	258	796
ZMVM	837	2,152

La siguiente figura A.2.10 muestra las actividades generales para el cálculo de las emisiones.

Figura A.2.10 Actividades generales para el cálculo de emisiones por incendios



La información considerada como base para el cálculo de las emisiones por incendios, es generada y proporcionada por la CORENADER, la cual consta de los siguientes datos:

- Número de Incendio
- Delegación
- Comunidad o Vegetación
- Latitud
- Longitud
- Delegación
- Fecha/Hora
- Superficie Afectada en hectáreas (A)

Con ésta información y utilizando sistema de información geográfica, se generó una base de datos para localizar los incendios en un mapa.

Una vez que se cuenta con la cobertura de incendios forestales (Figura A.2.12), se clasifican por delegación y tipo de vegetación, esto con el fin de conocer el tipo de vegetación siniestrada y aplicar su respectivo factor de emisión. Para llevar a cabo ésta actividad, se realizó lo siguiente en ArcView:

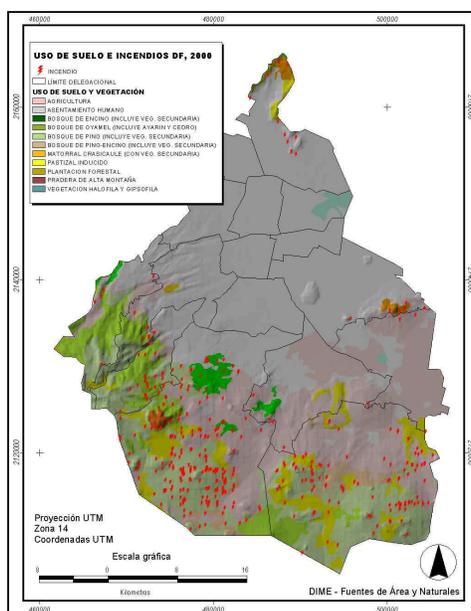
- Intersección de incendios con delegaciones y tipo de vegetación (Inventario Nacional Forestal 2000²⁷)
- Cálculo de superficies afectadas por delegación y tipo de vegetación

Realizado lo anterior, se obtiene una base de datos que contiene: *número del incendio, fecha, hora, coordenadas geográficas, superficie afectada, delegación, tipo de vegetación siniestrada*. Contando con el tipo de vegetación afectada, se requiere asignar los siguientes valores a cada una de ellas:

1. Consumo de combustible (*L*)
2. Eficiencia de combustión (*h*)
3. Factor de emisión de PM_{2.5}

El consumo de combustible que se presenta en la Tabla A.2.72, es aplicado para combustibles del oeste de los Estados Unidos, sin embargo, el Programa de Inventario de Emisiones para México recomienda su aplicación en México debido que especies similares se extienden hasta nuestro país. Por lo tanto, se busco un tipo de vegetación equivalente a la nuestra, para tomar los valores antes mencionados.

Figura A.2.11 Distribución de incendios forestales por uso de suelo en el Distrito Federal 2000.



27 SEMARNAT, 2000- Inventario Nacional Forestal 2000, escala 1:250,000.

A.2.14 Incendios en estructuras

Los incendios en estructuras en casa habitación, hoteles, departamentos, comercios, etc. son considerados como fuentes de contaminación por combustión, los cuales generan emisiones contaminantes de compuestos orgánicos totales (COT), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), y partículas (PM), Sin embargo, a diferencia de muchas otras fuentes de combustión, estos son involuntarios, y la cantidad de material consumido puede ser difícil de determinar.

Para la estimación de sus emisiones es de gran utilidad determinar la cantidad de material combustible, éste deberá incluir los materiales correspondientes a la estructura del edificio, el mobiliario y decoración.

En esta sección se incluyen valores típicos de residencias en los Estados Unidos, sin embargo a diferencia en México, el diseño en la construcción de hogares es generalmente de ladrillo o mampostería en poca escala el uso de maderas; Por lo tanto, deberá considerar esta diferencia para la estimación de emisiones.

La estimación de emisiones se realiza considerando la siguiente ecuación A.2.27.

$$E_i = I * \%W * (MC + MI) * F_i \text{ ----- A.2.27}$$

Donde:

E_i = La emisión del contaminante generado i [kg/Año],

F_i = Factor de emisión del contaminante i [kg/Mg],

I = Total de incendios registrados en el periodo de un año [1/Año],

$\%W$ = Porcentaje promedio de pérdida estructural [-],

MC = Cantidad de material estructural Combustible [Mg],

MI = Cantidad de Material Combustible Contenido en el Inmueble [Mg].

Los factores de emisión se presentan en la tabla A.2.74 y el número de incendios²⁸ ocurridos en el Distrito Federal se presenta en la tabla A.2.75.

Tabla A.2.74 Factores de Emisión

Contaminante (i)	Factor de emisión (Fi) [kg/Mg]	Concepto
COT	6.95	Factor de emisión obtenido a partir de pruebas como modelo en la quema de madera en el interior de edificios.
COV	4.85	
CO	84.00	
PM	5.40	
NOx	2.00	Factor de emisión, propuesto por el AP-42 y considerado como similar para residuos municipales y incendios estructurales.

²⁸ Secretaría de Seguridad Pública/Dirección General del Heroico Cuerpo De Bomberos,

Tabla A.2.75 Número de incendios en estructuras, Distrito Federal

Lugar	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Asentamientos irregulares	1	0	0	0	1	1	2	1	1	3	1	1	12
Bancos	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	3
Casa particular	85	69	86	91	66	44	54	60	53	51	78	124	861
Casa vecindad	6	5	5	1	1	4	2	1	3	8	5	4	45
Centros culturales	19	11	11	6	2	0	1	0	4	2	9	9	74
Comercios	24	9	16	17	18	16	9	12	21	17	12	30	201
Discotecas	0	0	1	1	3	0	1	0	0	1	0	0	7
Edificios de departamentos	49	31	52	42	30	34	34	39	28	27	41	75	482
Edificios públicos	0	3	0	13	3	2	3	4	5	5	4	5	47
Escuelas	9	6	9	4	3	1	2	0	1	3	4	4	46
Fábricas/industrias	5	7	11	6	5	6	6	8	7	6	6	13	86
Hospitales	0	0	2	3	1	0	1	0	0	0	1	2	10
Hoteles	1	1	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	6
Iglesias	0	3	0	1	1	0	0	0	2	0	1	3	11
Instalaciones de F.F.C.C.	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	4
Mercados	7	7	6	4	1	0	2	4	0	1	5	5	42
Panteones	9	7	5	3	8	0	1	0	0	1	1	13	48
Predio baldío	320	270	260	240	250	240	119	121	121	131	140	127	2,339
Reclusorios	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	7
Talleres	4	4	3	3	3	4	1	4	6	4	2	5	43
Terrenos de gobierno	12	8	2	7	4	1	0	1	1	0	0	4	40
Vía pública	287	210	162	166	111	60	66	57	62	92	133	222	1628
Total	843	652	633	610	513	414	306	312	315	352	444	648	6,042

Fuente: Dirección General del Heroico Cuerpo de Bomberos

El porcentaje promedio de pérdida estructural se debe estimar, debido a que el material disponible en la estructura no es consumido por el fuego al 100%, para que sea afectada la construcción de varilla, tabique y concreto es necesaria que transcurra un tiempo estimado entre 3 y 4 horas en un inmueble y que además este permanezca cerrado, para que pueda dañar los materiales de construcción (Información obtenida del primer Superintendente: Agustín Aguilar López, Jefe del Heroico Cuerpo de Bomberos). En California el porcentaje promedio de pérdida estructural se ha estimado en 7.3%, este dato puede ser empleado como un valor *default* para México, siendo deseable una estimación específica para la zona de estudio.

En los Estados Unidos, el promedio de área residencial es de 1,200 a 1,500 ft² (111–139 m². y de 10–12 toneladas (9.1–10.9 Mg) de materiales estructurales considerados como combustibles y no corresponden a la descripción de uso residencial en México, debido al uso de mamposterías con un contenido menor de material combustible en su diseño, sin embargo al no contar con datos representativos al área de estudio se utilizarán valores *default* propuestos por EPA ver tabla A.2.76.

Tabla A.2.76 Cantidad de material estructural presente en interior de casa habitación

Estructura	ACPP [m ²]	MC [Mg]	FMCI [Mg/m ²]	MI [Mg]
Casa particular	80	0	0.041	3.249
Casa vecindad	30	0	0.041	1.218
Edificios de departamentos	50	0	0.041	2.031
Predio baldío, casas, construcción abandonada	100	0	0.041	4.061
Edificios públicos	600	0	0.041	24.368
Comercios	40	0	0.041	1.625
Fábricas/industrias	500	0	0.041	20.307
Asentamiento irregular	200	0	0.041	8.123
Bancos	100	0	0.041	4.061
Escuelas	1200	0	0.041	48.736
Hospitales	1500	0	0.041	60.920
Iglesias	240	0	0.041	9.747
Hoteles	480	0	0.041	19.494
Talleres	40	0	0.041	1.625
Mercados	600	0	0.041	24.368
Reclusorios	300	0	0.041	12.184
Centros culturales	80	0	0.041	3.249

Fuente: Metodología Radian Internacional, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo. FMCI: Fracción de material combustible en el inmueble; MC: Material de construcción contenido; ACPP: Área de construcción promedio ponderado, son valores default U.S., excepto el combustible estructural el cual no es evaluado pues se considera que toda la estructura en México es de mampostería

En los Estados Unidos, se ha determinado el volumen promedio de combustibles en diferentes áreas funcionales del hogar del orden del 7.9 lbs/ft², como lo muestra la tabla A.2.77.

Tabla A.2.77 Volumen de combustible en diferentes áreas funcionales del hogar y otros

Área funcional	Origen de fuego (%)	Combustible		Promedio ponderado (lbs/ft ²)
		(lbs/ft ²)	(kg/m ²)	
Alcoba	28.96	10.4	50.8	3.01
Recamara	0.20	10.4	50.8	0.02
Comedor	2.20	7.2	35.2	0.16
Cocina	53.92	6.8	33.2	3.67
Baño	6.32	7.0	34.2	0.44
Lavado	8.08	7.2	35.2	0.58
Oficina	0.17	7.9	38.6	0.01
Otro	0.13	9.6	46.9	0.01
Total	100.00	---	---	7.90

El método de cálculo para la estimación de emisiones, sigue el proceso anteriormente descrito, y sustituyendo valores en la ecuación A.2.27 se obtuvieron los resultados descritos en la tabla A.2.78.

Tabla A.2.78 Inventario de emisiones del Distrito Federal, 2000

Tipo de incendio	# Incendios	Área construida promedio [m ²]	Estimación de combustible en el inmueble [Mg/m ²]	Emisión [ton/año]				
				PM ₁₀	CO	NOx	COT	COV
Asentamientos irregulares	12	200	0.0322	0.030	0.474	0.011	0.039	0.027
Bancos	3	100	0.0386	0.005	0.071	0.002	0.006	0.004
Casa particular	861	80	0.0386	1.048	16.304	0.388	1.349	0.943
Casa vecindad	45	30	0.0386	0.021	0.320	0.008	0.026	0.018
Centros culturales	74	80	0.0332	0.077	1.205	0.029	0.100	0.070
Comercios	201	40	0.0332	0.105	1.637	0.039	0.135	0.095
Discotecas	7	80	0.0332	0.007	0.114	0.003	0.009	0.007
Edificios de departamentos	482	50	0.0386	0.367	5.704	0.136	0.472	0.330
Edificios públicos	47	600	0.0332	0.369	5.741	0.137	0.475	0.332
Escuelas	46	1200	0.0386	0.840	13.066	0.311	1.081	0.756
Fábricas/industrias	86	500	0.0352	0.597	9.281	0.221	0.768	0.537
Hospitales	10	1500	0.0508	0.300	4.673	0.111	0.387	0.270
Hoteles	6	480	0.0508	0.058	0.897	0.021	0.074	0.052
Iglesias	11	240	0.386	0.402	6.249	0.149	0.517	0.361
Instalaciones de F.F.C.C.	4	500	0.0352	0.028	0.432	0.010	0.036	0.025
Mercados	42	600	0.0332	0.330	5.130	0.122	0.424	0.297
Panteones	48	100	0.0332	0.063	0.977	0.023	0.081	0.057
Predio baldío	2339	100	0.0332	3.061	47.618	1.134	3.940	2.754
Reclusorios	7	300	0.0332	0.027	0.428	0.010	0.035	0.025
Talleres	43	40	0.0332	0.023	0.350	0.008	0.029	0.020
Terrenos de gobierno	40	100	0.0332	0.052	0.814	0.019	0.067	0.047
Vía pública	1628	341	0.0332	7.265	113.018	2.691	9.351	6.536
Total	6042			15.075	234.502	5.583	19.402	13.562

Material estructural "combustible" [Mg] = 0

La estimación de emisiones se realizó en su mayoría con la información presentada por Radian International, México Emissions Inventory Program Manuals, Volume V – Area Source Inventory Development. Los datos proporcionados por RADIAN INTERNATIONAL, corresponden a la infraestructura en el diseño de Edificios, Casas Particulares y otros, en los Estados Unidos, donde el material estructural que predomina es madera, otros materiales plásticos y una baja proporción de mampostería.

Por lo anterior, es necesario diseñar un programa de apoyo con la Asociación Nacional de Constructores u otra institución como INEGI, que permita reconocer los diferentes sectores de vivienda, comercial, institucional; así como los diferentes materiales de construcción empleados, cantidad y volumen en peso de cada uno de ellos. En caso contrario se seguirá empleando la consideración de que toda estructura es 100% de mampostería, de acuerdo a los criterios de combustión y por lo tanto la estructura no presentaría daños considerables y la emisión de contaminantes despreciable debido a que la estructura no es consumida totalmente.

Es necesario también determinar el por ciento de pérdida estructural, de no contar con un valor característico se seguirá empleando el valor propuesto por RADIAN. Es necesario diseñar un programa de apoyo con los peritos de la Dirección del Heroico Cuerpo de Bomberos del D.F., con el objeto de determinar el porcentaje de afectación en las viviendas, estructuras y otros. El material de decoración y mobiliario es un factor de importancia, por lo que se deberá investigar a futuro, una relación sobre los materiales existentes. El inventario resultante, empleando los valores *default* propuestos por "EPA", "ANC"; implican que las emisiones obtenidas son de carácter preliminar y las máximas esperadas.

La auditoría realizada al inventario de emisiones 1998 indica, que si la información está disponible sólo para una parte del área de estudio, está deberá ser utilizada para desarrollar un factor de emisión per cápita y ser utilizado en conjunto con los datos de población para estimar las emisiones del total de la zona de estudio y se obtuvo la siguiente relación:

$$[Ei/Hab]_{DF} = [Ei/Hab]_{EdoMex} \text{----- A.2.28}$$

Donde

Ei: Emisión del contaminante i en la zona de aplicación

Hab: Número de habitantes en la zona de aplicación

La expresión de la ecuación A.2.28 puede ser transformada a:

$$[Ei]_{DF}/[Ei]_{EdoMex} = [Hab]_{DF}/[Hab]_{EdoMex} \text{-----A.2.29}$$

De la ecuación A.2.29, la expresión encerrada se conoce como factor de corrección "Fc" y es una función directa del nivel de población en ambas entidades federativas; sustituyendo datos la ecuación A.2.29 queda de la siguiente forma:

$$[Ei]_{DF}/[Ei]_{EdoMex} = 0.972$$

Ahora sólo desconocemos la emisión por contaminante para el Estado de México y se realizará mediante el ajuste de la emisión por tipo de contaminante emitido en el Distrito Federal, considerando el factor de ajuste poblacional de 0.972, como lo muestra la siguiente expresión.

$$[Ei]_{EdoMex} = 0.972 * [Ei]_{D.F.}$$

Tabla A.2.79 Inventario de emisiones [ton/año]

Entidad Federativa	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COT	COV	CH ₄	HCNM	HCT	Aldeh
Distrito Federal	15.1	13.7	N/E	234.3	5.9	19.0	13.8	N/E	18.6	18.6	0.380
Estado de México	14.6	13.4	N/E	227.7	5.8	18.4	13.4	N/E	18.1	18.1	0.377
ZMVM	29.7	27.1	N/E	462.0	11.7	37.4	27.2	N/E	36.7	36.7	0.757

Las emisiones de hidrocarburos no metánicos e hidrocarburos totales, se estiman con la siguiente ecuación:

$$E_{HCNM} = E_{COT} - E_{CH_4} - E_{Aldehidos}$$

$$E_{HCT} = E_{COT} - E_{Aldehidos}$$

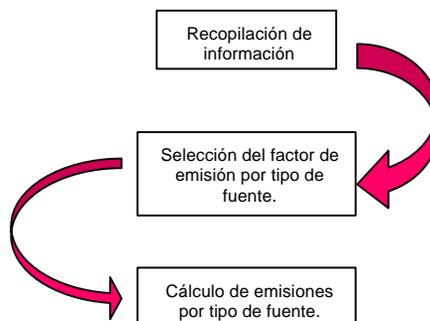
La emisión de partículas menores a 2.5 micrómetros, se calculan considerando que el 91.4% de PM₁₀ son PM_{2.5}, y se estima que la emisión de aldehídos es el 2% de las emisiones de COT.

A.2.15 Emisiones domésticas de amoniaco

Las emisiones de amoniaco generadas por las fuentes domésticas, se calcularon con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México, con excepción del amoniaco liberado de las alcantarillas, el cual se estimó con base en el Inventario de Amoniaco para la Zona Metropolitana del Valle de México del Instituto Mexicano del Petróleo.

Las actividades generales para el cálculo se muestran en el siguiente diagrama:

Figura A.2.12 Diagrama de actividades para la estimación de amoniaco



Las emisiones de amoniaco generadas por los animales domésticos, se basa en la realización del promedio del nitrógeno excretado, por lo tanto, estas emisiones pueden variar dependiendo del tipo de hábitat, alimentación, manejo de los desechos, entre las principales (USDA-ARS, 2002²⁹).

El factor de emisión utilizado y el tipo de información requerida por tipo de fuente se muestra en la siguiente tabla, las emisiones en las alcantarillas se consideraron dentro de las fuentes domésticas, ya que la emisión proviene de las deyecciones humanas, el amoniaco absorbido en la ropa, el removido en la ducha y lavado, el cual proviene de la transpiración.

Tabla A.2.80 Información para el cálculo de amoniaco por fuentes domésticas

Tipo de fuente	Factor de Emisión (FE)	Unidades	Fórmula de cálculo	Información adicional requerida
Perros	2.49	C	$E = P \cdot PM \cdot FE$	$PM = 122$ perros por cada 1000 habitantes
Gatos	0.82	C	$E = P \cdot PM \cdot FE$	$PM = 82$ gatos por cada 1000 habitantes
Transpiración humana	0.25	P	$E = P \cdot FE$	
Respiración humana	0.0016	P	$E = P \cdot FE$	
Desechos humano	0.023	P	$E = P \cdot FE$	
Uso doméstico de amoniaco	0.023	P	$E = P \cdot FE$	
Pañales (desechables)	0.16	I	$E = PI \cdot FE$	$PI = 1,243,054$ infantes menores de 3 años
Cigarrillos	5.2	B	$E = C \cdot FE$	$C = 9'441,462,265$
Alcantarillas	80.4	Q	$E = FE \cdot P$	

Fuente: Programa de Inventario de Emisiones para México. Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuente de Área Investigación sobre material particulado y deterioro atmosférico - Inventario de amoniaco para la ZMCM 1998.
 P = Población total, PM = Proporción de mascotas, C = cigarrillos vendidos; C: kg/cabeza/año; P: kg/persona/año; I: kg/infante/año; B: mg/cigarrillo; Q: g/persona/año.

29 United States Department of Agriculture-Agricultural Research Services. National Programas

Los datos de población utilizados para el cálculo son los siguientes:

Tabla A.2.81 Datos poblacionales de la ZMVM, 2000

Delegación / Municipio	Población [habitantes]	Infantes 0-3 años
Distrito Federal	8,605,239	583,943
Estado de México	8,366,386	659,111
ZMVM	16,971,625	1,243,054

Fuente: INEGI, 2001

Para el cálculo de emisiones de perros y gatos, se utilizaron las proporciones de mascotas por habitantes, recomendados para las áreas urbanas de USA. En lo que se refiere a las emisiones de amoniaco por consumo de cigarrillos, se hicieron estimaciones de población fumadora y número de cigarrillos consumidos por sexo y edad para el año 2000, utilizando como base los datos provenientes de la Encuesta Nacional de Adicciones 1998 (SSA-COANDIC, 2000).

A.3 MEMORIAS DE CÁLCULO DE FUENTES MÓVILES:

A.3.1 Flota vehicular.

En el cálculo de las emisiones contaminantes por fuentes móviles, se distribuyó la flota circulante estimada en 12 categorías, esta clasificación se tiene tanto para las 16 delegaciones del Distrito Federal como para los 18 municipios conurbanos del Estado de México, dicha flota así como su distribución por combustible, la tenemos en la siguiente tabla.

Tabla A.3.1 Distribución del Parque vehicular de la ZMVM

ID	Tipo de Vehículo	Vehículos				
		Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total
AP	Autos particulares ^{1, 8}	2,305,474	266	1,582	-	2,307,322
TAX	Taxis ^{6, 8}	115,684	-	2	-	115,686
CO	Combis ^{1,9}	18,242	-	-	-	18,242
MIC	Microbuses ^{1, 8}	27,079	617	1,306	299	29,301
PICK	Pick ups ^{1,8}	140,747	548	892	-	142,187
V ≤ 3	Vehículos ≤ 3 ton ^{1, 2, 8}	298,581	14,190	-	-	312,771
TRA	Tractocamiones ^{5,8}	180	62,700	27	-	62,907
AUT	Autobuses ^{2, 5, 7, 8}	150	25,239	30	-	25,419
V > 3	Vehículos >3 ton ^{1, 8}	34,287	6,856	-	-	41,143
MC	Motocicletas ^{3,9}	88,366	-	-	-	88,366
CGLP	Camiones de carga a gas LP ^{4,8}	-	-	20,841	-	20,841
VGNC	Vehículos a GNC ^{4,8}	-	-	-	1,025	1,025
	Totales	3,028,790	110,416	24,680	1,324	3,165,210

1 Consultas a la base datos correspondiente al 1° semestre del PVVO del 2001 en el Distrito Federal.

2 Anuario de transporte y vialidad de la ciudad de México 2000, SETRAVI, 2000.

3 Dirección de registro público de transporte, SETRAVI, 2001.

4 Dirección de instrumentación de políticas, SMA, 2000.

5 Estadística básica del auto transporte federal de pasaje, turismo y carga federal SCT.

6 Instituto del Taxi, SETRAVI, 2001.

7 Conformación del Parque Vehicular Operable, Dirección de Operación, Gerencia de Mantenimiento, RTP, mayo 2001.

8 Consultas a la base datos correspondiente al 1° semestre del PVVO del 2001 en el Estado de México.

9 Dirección General de Transporte Terrestre, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Gobierno del Estado de México, 2001.

Debido a que el parque vehicular que circula en la ZMVM esta muy disperso, tiene un rango de antigüedad de más de 30 años, fué necesario acotar la clasificación de la Tabla A.3.1 a 25 años modelo (dados los requerimientos del modelo Mobile 5-México) y así poder conocer la contribución que cada año modelo tiene al total de las emisiones producidas por las fuentes móviles; solo hay una excepción: las motocicletas, las cuales únicamente se distribuyen en 12 años, desde 1989 y anteriores hasta 2000. En las siguientes tablas tenemos la flota por año modelo para la ZMVM, Tabla A.3.2, el Distrito Federal, Tabla A.3.3 y el Estado de México, Tabla A.3.4. Cabe mencionar que la flota vehicular empleada en el cálculo se tiene desagregada por el tipo de holograma obtenido en el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio (PVVO) (*doble cero, cero uno y dos*)

Inventario de Emisiones 2000

y por combustible, por lo cual las tablas aquí presentadas son los totales de las sub clasificaciones que se utilizaron para estimar las emisiones¹.

Tabla A.3.2 Distribución de la flota vehicular por año modelo en la ZMVM.

Año-Modelo	Vehículos												Total
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC	
1976 y ant.	172,581	246	535	818	12,149	21,878	13,117	1,570	4,021	-	326	1	227,242
1977	23,309	53	156	88	1,966	4,373	1,488	448	389	-	27	-	32,297
1978	30,100	103	79	134	2,945	4,924	1,836	541	612	-	67	-	41,341
1979	40,323	82	175	172	3,665	4,778	2,614	622	788	-	172	1	53,392
1980	54,624	181	329	208	4,524	6,741	3,819	815	1,019	-	296	2	72,558
1981	67,292	283	600	278	5,996	8,756	4,755	783	1,321	-	613	-	90,677
1982	65,029	424	899	279	6,551	11,619	2,835	591	1,420	-	625	-	90,272
1983	37,273	279	501	119	3,253	14,013	898	207	429	-	238	1	57,211
1984	44,792	308	662	121	3,327	13,124	1,604	628	562	-	324	-	65,452
1985	54,183	604	1,006	271	4,760	6,290	2,291	604	1,197	-	811	-	72,017
1986	49,927	903	1,078	243	4,486	7,218	1,424	458	938	-	388	-	67,063
1987	34,892	853	783	253	3,394	12,113	1,159	230	547	-	598	-	54,822
1988	49,946	1,300	714	420	5,298	9,770	1,399	312	822	-	333	-	70,314
1989	74,337	2,390	1,243	1,738	6,830	8,527	1,770	535	1,472	26,762	502	1	126,107
1990	93,624	8,908	1,458	4,491	6,866	9,718	1,613	1,667	2,083	3,702	1,156	1	135,287
1991	107,419	16,964	1,592	7,893	7,339	15,015	2,722	1,989	3,309	4,496	1,223	-	169,961
1992	119,190	25,116	2,633	8,096	5,963	20,099	2,704	2,418	3,347	7,278	2,112	1	198,957
1993	120,942	15,719	1,680	1,186	6,671	24,486	2,464	2,795	2,869	7,721	1,551	5	188,089
1994	123,200	15,614	753	444	6,370	26,976	2,080	1,839	2,382	8,592	1,908	1	190,159
1995	78,056	5,692	638	293	3,746	24,412	1,141	647	1,430	3,409	1,729	1	121,194
1996	56,777	2,354	152	119	3,164	15,761	308	684	631	2,899	1,340	-	84,189
1997	103,724	3,783	132	236	6,313	10,407	1,641	1,626	1,450	4,307	1,369	3	134,991
1998	182,139	4,910	145	333	8,999	4,809	2,042	1,064	1,627	6,427	1,334	186	214,015
1999	203,110	3,525	72	374	6,517	11,961	2,047	1,113	2,387	6,391	1,054	650	239,201
2000	320,533	5,092	227	694	11,095	15,003	3,136	1,233	4,091	6,382	745	171	368,402
TOTAL	2,307,322	115,686	18,242	29,301	142,187	312,771	62,907	25,419	41,143	88,366	20,841	1,025	3,165,210

Tabla A.3.3 Distribución de la flota vehicular por año modelo en el Distrito Federal.

Año-Modelo	Vehículos												Total
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC	
1976 y ant.	92,492	3	5	65	3,187	14,958	10,278	1,373	679	-	131	-	123,171
1977	12,204	1	-	7	624	3,804	1,168	383	117	-	12	-	18,320
1978	15,576	38	1	11	907	4,035	1,441	490	134	-	55	-	22,688
1979	21,434	4	4	9	1,099	3,684	2,048	549	167	-	95	-	29,093
1980	29,821	16	17	15	1,388	5,253	2,990	707	271	-	202	-	40,680
1981	37,402	24	39	25	1,952	6,972	3,723	699	405	-	448	-	51,689
1982	36,357	11	58	26	2,282	9,801	2,216	528	416	-	422	-	52,117
1983	21,291	8	18	21	1,254	13,421	702	183	142	-	163	-	37,203
1984	26,033	14	39	24	1,306	12,580	1,256	572	256	-	203	-	42,283
1985	31,953	105	71	63	1,776	5,198	1,790	540	573	-	574	-	42,643
1986	30,045	323	112	52	1,643	6,473	1,112	404	440	-	305	-	40,909
1987	21,368	420	97	88	1,353	11,687	909	208	283	-	565	-	36,978
1988	31,050	756	75	187	2,128	9,000	1,093	283	353	-	303	-	45,228
1989	47,851	1,495	170	1,036	2,716	7,467	1,375	462	732	19,699	424	-	83,427
1990	62,728	7,777	243	3,190	3,050	8,502	1,246	1,528	1,091	3,442	1,012	-	93,809
1991	75,319	15,758	314	5,905	3,305	13,173	2,113	1,741	1,771	4,215	1,040	-	124,654
1992	85,012	23,595	685	5,798	2,861	18,168	2,111	2,101	1,788	7,088	1,633	-	150,840
1993	91,978	14,765	324	609	3,265	22,674	1,910	2,450	1,598	7,410	1,257	-	148,240
1994	95,821	14,986	145	132	3,423	25,702	1,615	1,510	1,429	8,051	1,600	-	154,414
1995	62,573	5,399	108	60	2,225	23,738	881	507	930	3,339	1,277	-	101,037
1996	44,772	2,176	27	34	2,064	15,441	234	595	391	2,518	1,060	-	69,312
1997	84,630	3,539	23	92	3,772	9,772	1,270	1,407	952	4,307	911	-	110,675
1998	150,147	4,625	36	111	6,015	4,222	1,588	907	1,128	6,046	839	180	175,844
1999	180,118	3,274	10	98	4,424	11,023	1,592	863	1,570	5,970	587	649	210,178
2000	261,396	4,582	40	323	6,629	13,433	2,416	876	2,470	6,262	118	170	298,715
TOTAL	1,649,371	103,694	2,661	17,981	64,648	280,181	49,077	21,866	20,086	78,347	15,236	999	2,304,147

¹ Los archivos desagregados de la flota por holograma del PVVO y por combustible están bajo resguardo del área responsable del cálculo y quedan a disposición de quien lo solicite.

Tabla A.3.4 Distribución de la flota vehicular por año modelo en el Estado de México.

Año-Modelo	Vehículos												Total
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V ≤ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC	
1976 y ant.	80,089	243	530	753	8,962	6,920	2,839	197	3,342	-	195	1104,071	
1977	11,105	52	156	81	1,342	569	320	65	272	-	15	13,977	
1978	14,524	65	78	123	2,038	889	395	51	478	-	12	18,653	
1979	18,889	78	171	163	2,566	1,094	566	73	621	-	77	24,299	
1980	24,803	165	312	193	3,136	1,488	829	108	748	-	94	31,878	
1981	29,890	259	561	253	4,044	1,784	1,032	84	916	-	165	38,988	
1982	28,672	413	841	253	4,269	1,818	619	63	1,004	-	203	38,155	
1983	15,982	271	483	98	1,999	592	196	24	287	-	75	20,008	
1984	18,759	294	623	97	2,021	544	348	56	306	-	121	23,169	
1985	22,230	499	935	208	2,984	1,092	501	64	624	-	237	29,374	
1986	19,882	580	966	191	2,843	745	312	54	498	-	83	26,154	
1987	13,524	433	686	165	2,041	426	250	22	264	-	33	17,844	
1988	18,896	544	639	233	3,170	770	306	29	469	-	30	25,086	
1989	26,486	895	1,073	702	4,114	1,060	395	73	740	7,063	78	42,680	
1990	30,896	1,131	1,215	1,301	3,816	1,216	367	139	992	260	144	41,478	
1991	32,100	1,206	1,278	1,988	4,034	1,842	609	248	1,538	281	183	45,307	
1992	34,178	1,521	1,948	2,298	3,102	1,931	593	317	1,559	190	479	48,117	
1993	28,964	954	1,356	577	3,406	1,812	554	345	1,271	311	294	39,849	
1994	27,379	628	608	312	2,947	1,274	465	329	953	541	308	35,745	
1995	15,483	293	530	233	1,521	674	260	140	500	70	452	20,157	
1996	12,005	178	125	85	1,100	320	74	89	240	381	280	14,877	
1997	19,094	244	109	144	2,541	635	371	219	498	-	458	24,316	
1998	31,992	285	109	222	2,984	587	454	157	499	381	495	38,171	
1999	22,992	251	62	276	2,093	938	455	250	817	421	467	29,023	
2000	59,137	510	187	371	4,466	1,570	720	357	1,621	120	627	69,687	
TOTAL	657,951	11,992	15,581	11,320	77,539	32,590	13,830	3,553	21,057	10,019	5,605	268,610,663	

A.3.2 Actividad Vehicular.

Otro componente de cálculo indispensable para estimar las emisiones por fuentes móviles son los datos de actividad, los cuales deben ser representativos para cada tipo de vehículo y año modelo. A partir de la base de datos del PVVO se obtuvo el número de kilómetros recorridos por los autos particulares (Tabla A.3.5), basándose en las lecturas del odómetro, para lo cual la base se separó por el tipo de holograma que se proporciona a las unidades dependiendo del año modelo y su nivel de emisiones, teniendo así diferentes niveles de actividad de acuerdo con el tipo de holograma y por consiguiente, por año modelo.

Tabla A.3.5 Datos de actividad aplicados a los autos particulares que circulan en la ZMVM.

Autos particulares	Tipo de holograma	Km / día	Días / año
	Doble cero	36	365
	Cero	36	365
	Uno	24	313
	Dos	25	313

Fuente: Programa de verificación Vehicular Obligatorio primer semestre 2001.

Para los otros tipos de vehículos considerados por el PVVO se aplicaron los datos de actividad reportados por la COMETRAVI, el PVVO y la Secretaría de Transporte y Vialidad en diversos estudios realizados para la ZMVM, mostrados en la Tabla A.3.6 y para la flota vehicular que cuenta con un solo tipo de holograma se distribuyó su actividad con base a los datos mostrados en la Tabla A.3.7.

Tabla A.3.6 Actividad representativa de la flota Vehicular de la ZMVM de acuerdo con el tipo de holograma.

Clasificación final	Tipo de vehículo	Km / día	Días / año			
			Doble cero	Cero	Uno	Dos
Autos particulares	Autos particulares de uso intensivo	100	365	365	313	313
Pick up's	Pick up's	60	N/A	365	313	313
	Pick up's de uso intensivo	100	N/A	365	313	313
Microbuses	Microbuses	200	N/A	365	313	313
Tractocamiones	Tractocamiones	60	N/A	365	313	313
Vehículos ≤ 3 ton	Camiones	60	N/A	365	313	313
	Vehículos ≤ 3 ton	33	N/A	365	313	313
	Vehículos ≤ 3 ton de uso intensivo	60	N/A	365	313	313
Vehículos > 3 ton	Vehículos > 3 ton	60	N/A	365	313	313
Combis	Combis de transporte de pasajeros	200	N/A	N/A	N/A	313

Fuente: Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.
Programa de Verificación Vehicular Obligatorio en el Distrito Federal.

Tabla A.3.7 Actividad representativa de la flota vehicular que cuentan con un solo tipo de holograma.

Clasificación final	Tipo de vehículo	Km/día	Días / año
Taxis	Taxis	200	365
Vehículos ≤ 3 ton	Camiones	60	313
Tractocamiones	Auto transporte federal de carga	60	365
Autobuses	Autobuses Red de Transporte de Pasajeros	191	313
	Autobuses concesionados	191	313
	Autobuses Sistema de Transportes Eléctricos	245	313
	Autobuses para discapacitados	165	365
	Auto transporte federal de turismo	60	365
	Auto transporte federal de pasaje	48	365
Motocicletas	Motocicletas	33	313
Camiones de carga a gas L.P.	Camiones de carga a gas L.P.	60	365
Vehículos GNC	Vehículos ligeros a GNC	33	365
	Vehículos pesados a GNC	60	365

Fuente: Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.
Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006.
Estadística básica de SCT, servicios auxiliares del auto transporte, 2000.

Con los datos del recorrido diario y los días que circularon los vehículos en el 2000 (reportados en las tablas anteriores) y el número de vehículos de acuerdo a la distribución por año modelo para el Distrito Federal y el Estado de México, Tabla A.3.3 y Tabla A.3.4, respectivamente, se obtuvieron los Kilómetros Recorridos por tipo de Vehículo y año modelo en el 2000 (KRV), por ejemplo, para obtener los KRV de los autos particulares del año modelo 1976 y anteriores del Distrito federal y del Estado de México a partir de la siguiente ecuación tenemos:

Ecuación 1

$$KRV_{ij} = (KD_i) (NV_{ij}) (DA)$$

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]

Datos

	Distrito Federal		Estado de México	
	Valor	Fuente	Valor	Fuente
KD _i [km/día]	25	Celda sombreada de la tabla A.3.5	25	Celda sombreada de la tabla A.3.5
NV _{ij} [#]	92,335	Para ilustrar la forma de cálculo, el número de vehículos mostrado es el correspondiente a los autos particulares de año modelo 1976 que utilizan gasolina y obtuvieron el holograma <i>dos</i> del PVVO en el Distrito Federal, por lo cual es una fracción del valor presentado en la Tabla A.3.3.	79,715	Para ilustrar la forma de cálculo, el número de vehículos mostrado es el correspondiente a los autos particulares de año modelo 1976 que utilizan gasolina y obtuvieron el holograma <i>dos</i> del PVVO en el Estado de México, por lo cual es una fracción del valor presentado en la Tabla A.3.4. ¹
DA _i [días/año]	313	Celda sombreada de la tabla A.3.5	313	Celda sombreada de la tabla A.3.5

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 1 tenemos:

$$KRV_{AUTG\ 1976\ y\ ant.} = (25) (92,335) (313) = 722,521,375\ km / año \quad \text{Distrito Federal}$$

$$KRV_{AUTG\ 1976\ y\ ant.} = (25) (79,715) (313) = 623,769,875\ km / año \quad \text{Estado de México}$$

Al aplicar la ecuación anterior por tipo de holograma (doble cero, cero, uno y dos), por tipo de vehículo y de acuerdo con la flota por año modelo, se obtienen los KRV para el Distrito Federal, Tabla A.3.8 y para el Estado de México, Tabla A.3.9.

Tabla A.3.8 Nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo para el Distrito Federal.

Año-Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año (KRV)												Total	
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC		
1976 y ant.	748	-	-	-	4	64	281	225	27	13	-	3	-	1,365
1977	99	-	-	-	12	71	26	7	2	-	-	-	-	217
1978	128	3	-	1	18	76	32	12	3	-	1	-	-	274
1979	178	-	-	1	22	69	45	10	3	-	2	-	-	330
1980	249	1	1	1	28	99	65	13	5	-	4	-	-	466
1981	314	2	2	2	40	131	82	13	8	-	10	-	-	604
1982	306	1	4	2	47	184	49	10	8	-	9	-	-	620
1983	180	1	1	1	26	252	15	3	3	-	4	-	-	486
1984	227	1	2	2	27	236	28	18	5	-	4	-	-	550
1985	285	8	4	4	38	98	39	10	11	-	13	-	-	510
1986	271	24	7	3	35	122	24	7	8	-	7	-	-	508
1987	202	31	6	6	29	219	20	4	5	-	12	-	-	534
1988	285	55	5	12	45	169	24	5	7	-	7	-	-	614
1989	456	109	11	65	59	140	30	8	14	203	9	-	-	1,104
1990	633	568	15	200	69	160	27	57	20	36	22	-	-	1,807
1991	764	1,150	20	370	82	247	46	31	33	44	23	-	-	2,810
1992	840	1,722	43	363	77	341	46	38	34	73	36	-	-	3,613
1993	1,317	1,078	20	38	89	426	42	44	30	77	28	-	-	3,189
1994	1,419	1,094	9	8	93	483	35	27	27	83	35	-	-	3,313
1995	954	394	7	4	60	446	19	12	17	34	28	-	-	1,975
1996	826	159	2	2	55	290	5	25	7	26	23	-	-	1,420
1997	1,600	258	1	6	102	183	28	59	18	44	20	-	-	2,319
1998	2,736	338	2	7	161	79	35	17	21	62	18	2	-	3,478
1999	3,100	239	1	6	125	207	35	16	29	62	13	13	-	3,846
2000	5,302	334	3	20	200	252	53	17	46	65	3	2	-	6,297
TOTAL	23,419	7,570	166	1,128	1,603	5,261	1,075	490	377	809	334	17	-	42,249

Tabla A.3.9 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	
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC		
1976 y ant.	1,000	18	33	47	206	127	62	8	63	-	4	-	-	1,569
1977	139	4	10	5	31	10	7	3	5	-	-	-	-	214
1978	184	5	5	8	47	16	9	2	9	-	-	-	-	2850
1979	236	6	11	10	59	20	12	3	12	-	1	-	-	370
1980	310	12	20	12	72	27	18	4	14	-	2	-	-	492
1981	372	19	35	16	93	32	23	3	17	-	3	-	-	613
1982	362	30	53	16	98	33	13	2	19	-	4	-	-	631
1983	200	20	30	6	45	11	4	1	5	-	1	-	-	323
1984	231	21	39	6	46	10	8	2	6	-	2	-	-	371
1985	278	36	59	13	68	20	11	2	12	-	5	-	-	505
1986	250	42	60	12	65	13	7	2	9	-	2	-	-	462
1987	173	32	43	10	47	8	5	1	5	-	1	-	-	325
1988	243	40	40	15	73	14	7	1	9	-	1	-	-	443
1989	338	65	67	44	94	19	9	3	14	73	1	-	-	727
1990	395	83	76	81	87	22	8	6	19	3	3	-	-	783
1991	406	88	80	125	93	33	13	9	29	3	4	-	-	885
1992	432	111	122	144	75	35	13	12	29	2	9	-	-	986
1993	443	70	85	36	83	33	12	13	24	3	6	0.1	-	810
1994	432	46	38	20	74	23	10	15	18	6	6	-	-	689
1995	248	21	33	15	38	12	6	7	9	1	8	-	-	398
1996	219	13	8	5	29	6	2	5	5	4	5	-	-	301
1997	375	18	7	9	74	11	8	11	9	-	9	-	-	532
1998	613	21	7	14	83	11	10	7	9	4	10	0.1	-	789
1999	462	18	4	17	58	17	10	12	15	4	9	-	-	627
2000	1,160	37	12	24	126	29	16	19	31	1	12	-	-	1,467
TOTAL	9,501	876	977	710	1,864	592	303	153	396	104	108	0.2	-	15,597

Factores de emisión de HCT, CO y NOx.

Los factores de emisión de hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NOx), se obtuvieron a partir de tres fuentes:

- Para los vehículos a diesel, motocicletas y algunos tipos de vehículos a gasolina se utilizaron los factores de emisión del modelo computacional Mobile5-México, desarrollado por la US-EPA y modificado para diversas zonas de la Republica Mexicana.
- Para el resto de 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) y gas natural comprimido (GNC), se usaron los factores de emisión reportados en el Greenhouse Gas Inventory Reference Manual Vol. 3, desarrollado por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Como ya se mencionó, para el caso de los vehículos a diesel y las motocicletas, se utilizó el modelo Mobile5-México. 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.3.10.

Tabla A.3.10 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 1º. 2001
Velocidad Promedio	33.1 km/hr
Temperatura Ambiente	18.4 °C
RVP de Gasolina	7.7 psi
Temperatura Máxima	25.7°C
Temperatura Mínima	12.2 °C

El modelo Mobile5-México 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.3.1.

figura A.3.1 Archivo REGMC.INP.

```
1 Vcount : LDGV LDGT1 LDGT2 HDGV LDDV LDDT HDDT MC for Mexico City (ELD 1993,
DGGAA 2002)
1756,65,290,16,1756,65,70,78
```

El archivo REGMC.INP se compone de dos filas, la primera contiene los ocho tipos de vehículos que considera el modelo Mobile 5-México y la segunda el total de vehículos de cada categoría.

El archivo de entrada que se utilizó en el modelo Mobile 5-México se muestra en la Figura A.3.2, en donde tenemos el archivo para que el modelo nos reporte los hidrocarburos como hidrocarburos totales (HCT), de igual forma se corrieron otros archivos para que el modelo reporte los hidrocarburos como metano (CH₄), compuestos orgánicos totales (COT) y como compuestos orgánicos volátiles (COV's) y tener así la proporción de CH₄, COT y COV's con respecto a los HCT.

Figura A.3.2 Archivo de entrada al Mobile5-México “ inv00.run “

```

1 PROMPT -
MOBILE5- MEXICO: FACTORES DE EMISION INVENTARIO DE EMISIONES 2000
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
5 RLFLAG - NO SE CONTABILIZAN PERDIDAS POR RECARGA
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
.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 LDGT2 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
.041 .041 .018 .041 .069 .087 .097 .090 .055 .042 HDGV
.021 .017 .025 .045 .017 .014 .045 .044 .032 .018
.022 .009 .014 .024 .072
.046 .046 .039 .057 .092 .094 .089 .075 .060 .043 LDDV
.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 LDDT
.036 .024 .033 .040 .026 .026 .056 .050 .036 .018
.021 .008 .014 .028 .073
.022 .022 .018 .068 .074 .071 .049 .096 .085 .033 HDDV
.012 .014 .021 .043 .024 .009 .035 .057 .051 .022
.026 .011 .018 .029 .090
.144 .168 .135 .109 .088 .070 .056 .045 .036 .029 MC
.023 .097 .000 .000 .000 .000 .000 .000 .000 .000
.000 .000 .000 .000 .000
22222222 1
2 01 33.1 18.4 20.6 27.3 20.6 1
Z.M.V.M. MX C 12.2 25.7 7.7 7.7 97 1 1 1

```

Para el cálculo de las emisiones de los vehículos con los factores de emisión del Mobile 5-México, se distribuyó la flota conforme a la clasificación que utiliza el modelo, como se muestra en la Tabla A.3.11.

Tabla A.3.11 Distribución de vehículos de acuerdo a la clasificación del Mobile5-México

Clasificación Mobile5-México	Vehículos en circulación en la ZMVM
Vehículos ligeros a diesel (LDDV)	Autos particulares que utilizan diesel
Camiones ligeros a diesel (LDDT)	Vehículo con un peso menor o igual de 3 toneladas, pick up's y microbuses que utilizan diesel
Vehículos pesados a gasolina (HDGV)	Tractocamiones, autobuses y Vehículo a diesel mayor a 3 toneladas que utilizan gasolina
Vehículos pesados a diesel (HDDV)	Tractocamiones, autobuses y Vehículo a diesel mayor a 3 toneladas que utilizan diesel
Motocicletas (MC)	Motocicletas

* Por sus siglas en inglés.

Para realizar el cálculo de emisiones del resto de los vehículos a gasolina (exceptuando motocicletas) se utilizaron los factores de emisión reportados por el IMP², los cuales están divididos por tipo de tecnología (por año modelo) y de acuerdo a los siguientes tipos de vehículos:

- Vehículos particulares
- Taxis
- Combis
- Microbuses
- Pick up's
- Camiones

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 vehículos con un peso menor o igual a 3 toneladas que utilizan gasolina, el resto de las categorías del IMP corresponden a los mismos tipos de vehículos del Inventario de Emisiones.

La distribución de los factores de emisión de hidrocarburos totales, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno por tipo de vehículo y por año modelo se presentan en las Tabla A.3.12, A.3.13 y la Tabla A.3.14 respectivamente, las cuales muestran los resultados de la aplicación del modelo Mobile 5-México y los factores de emisión del IMP; al identificador del tipo de vehículo se le agrega una letra al final: "G" para los que utilizan gasolina y "D" para los que utilizan diesel.

² Estos factores de emisión son preliminares y experimentales.

Tabla A.3.12 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para HCT de combustibles líquidos.

Año modelo	Factor de Emisión para HCT (g/km)										
	APG	TAXG	COG	PICG	V £ 3G	MICG	TRAG/AUTG/V > 3G	APD	PICD/V £ 3D/MICD	TRAD/AUTD/V > 3D	MCG
1976 y ant.	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.677	2.762	2.124	6.215	0
1977	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.677	2.762	2.124	6.215	0
1978	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.656	2.762	2.100	6.199	0
1979	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.609	2.724	2.078	6.199	0
1980	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.323	2.723	2.057	6.165	0
1981	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.267	2.679	2.049	6.108	0
1982	6.255	6.255	5.651	4.442	7.448	9.856	16.192	2.677	2.007	6.104	0
1983	5.684	5.684	5.651	4.442	7.448	9.856	16.072	2.664	1.990	6.096	0
1984	5.684	5.684	5.651	4.442	7.448	9.856	15.936	2.629	1.967	6.095	0
1985	5.684	5.684	5.651	4.442	7.448	9.856	15.801	2.593	1.948	6.094	0
1986	5.684	5.684	5.651	4.442	7.448	9.856	15.698	2.580	1.925	6.066	0
1987	5.684	5.684	5.651	4.442	7.448	9.856	15.622	2.575	1.895	6.031	0
1988	4.545	4.545	5.651	4.442	7.448	9.856	15.608	2.512	1.865	6.007	0
1989	4.545	4.545	5.651	4.442	7.448	9.856	13.698	2.467	1.846	6.002	9.884
1990	4.545	4.545	5.651	4.442	7.448	9.856	13.556	2.437	1.809	5.968	9.884
1991	3.590	3.590	5.651	4.442	7.448	9.856	11.962	1.106	1.779	5.965	9.748
1992	3.590	3.590	5.651	4.442	7.448	9.856	10.363	1.072	1.733	5.949	9.600
1993	2.456	1.841	5.651	4.442	7.448	9.856	6.185	0.599	0.845	4.431	4.682
1994	2.456	1.841	5.651	4.442	7.448	9.856	4.705	0.413	0.827	3.935	3.847
1995	1.047	1.841	5.651	4.442	7.448	9.856	4.683	0.327	0.536	3.729	3.645
1996	1.047	1.841	5.651	1.867	2.087	9.856	2.662	0.307	0.509	3.199	2.841
1997	1.047	1.841	5.651	1.867	2.087	9.856	2.544	0.280	0.476	3.197	2.651
1998	1.047	1.841	5.651	1.867	2.087	9.856	2.445	0.260	0.446	3.197	2.443
1999	0.534	1.841	5.651	1.867	2.087	9.856	2.366	0.224	0.405	3.197	2.228
2000	0.534	1.841	5.651	1.867	2.087	9.856	2.292	0.199	0.327	3.197	1.997

Tabla A.3.13 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para CO de combustibles líquidos.

Año modelo	Factor de Emisión para CO [gr/km]										
	APG	TAXG	COG	PICG	V £ 3G	MICG	TRAG/AUTG/V > 3G	APD	PICD/V £ 3D/MICD	TRAD/AUTD/V > 3D	MCG
1976 y ant.	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	289.704	4.348	3.195	14.062	0
1977	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	289.704	4.348	3.195	13.964	0
1978	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	287.943	4.330	3.165	13.940	0
1979	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	287.821	4.281	3.138	13.940	0
1980	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	283.843	4.217	3.112	13.885	0
1981	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	282.209	4.257	3.091	13.872	0
1982	76.4	76.4	59.4	48.2	80.9	108.1	280.658	4.207	3.050	13.762	0
1983	55.6	55.6	59.4	48.2	80.9	108.1	279.123	4.179	3.023	13.707	0
1984	55.6	55.6	59.4	48.2	80.9	108.1	277.472	4.143	3.003	13.697	0
1985	55.6	55.6	59.4	48.2	80.9	108.1	275.016	4.080	2.972	13.661	0
1986	55.6	55.6	59.4	48.2	80.9	108.1	272.049	4.046	2.945	13.609	0
1987	55.6	55.6	59.4	48.2	80.9	108.1	271.587	3.995	2.909	13.590	0
1988	39.6	39.6	59.4	48.2	80.9	108.1	269.804	3.961	2.864	13.497	0
1989	39.6	39.6	59.4	48.2	80.9	108.1	259.640	3.876	2.831	13.453	38.354
1990	39.6	39.6	59.4	48.2	80.9	108.1	255.734	3.859	2.793	13.389	38.354
1991	31.4	31.4	59.4	48.2	80.9	108.1	221.524	1.870	2.754	13.359	38.014
1992	31.4	31.4	59.4	48.2	80.9	108.1	186.379	1.837	2.719	13.318	37.553
1993	23.7	15.2	59.4	48.2	80.9	108.1	89.755	1.442	2.667	13.227	26.642
1994	23.7	15.2	59.4	48.2	80.9	108.1	88.009	1.419	2.615	12.393	25.896
1995	7.3	15.2	59.4	48.2	80.9	108.1	86.398	0.883	1.581	11.762	25.398
1996	7.3	15.2	59.4	11.7	48	108.1	38.758	0.854	1.559	11.325	24.844
1997	7.3	15.2	59.4	11.7	48	108.1	37.753	0.822	1.529	11.249	24.229
1998	7.3	15.2	59.4	11.7	48	108.1	36.690	0.786	1.493	11.172	23.561
1999	3.2	15.2	59.4	11.7	48	108.1	35.638	0.750	1.452	11.059	22.848
2000	3.2	15.2	59.4	11.7	48	108.1	34.490	0.710	1.390	10.983	22.087

Tabla A.3.14 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para NOx de combustibles líquidos.

Año modelo	Factor de Emisión para NOx [gr/km]										
	APG	TAXG	COG	PICG	V £ 3G	MICG	TRAG/AUTG/V > 3G	APD	PICD/V £ 3D/MICD	TRAD/AUTD/V > 3D	MCG
1976 y ant.	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.661	1.397	1.830	17.922	0
1977	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.629	1.381	1.830	17.922	0
1978	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.613	1.381	1.813	17.919	0
1979	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.591	1.381	1.797	17.852	0
1980	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.537	1.362	1.780	17.850	0
1981	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.527	1.339	1.747	17.646	0
1982	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.516	1.339	1.737	17.633	0
1983	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.516	1.332	1.727	17.619	0
1984	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.515	1.315	1.718	17.593	0
1985	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.513	1.296	1.700	17.574	0
1986	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.508	1.290	1.670	17.515	0
1987	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.501	1.287	1.653	17.358	0
1988	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.416	1.256	1.621	17.338	0
1989	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.171	1.249	1.600	17.278	0.167
1990	2.10	2.10	2.7	3.37	5.75	4.75	4.082	1.219	1.573	17.252	0.167
1991	2.40	2.40	2.7	3.37	5.75	4.75	3.560	1.159	1.560	17.116	0.170
1992	2.40	2.40	2.7	3.37	5.75	4.75	3.029	1.133	1.539	17.105	0.175
1993	2.40	1.48	2.7	3.37	5.75	4.75	2.860	0.995	1.098	13.198	0.373
1994	2.40	1.48	2.7	3.37	5.75	4.75	2.855	0.976	1.083	11.729	0.385
1995	1.50	1.48	2.7	3.37	5.75	4.75	2.793	0.959	1.063	11.104	0.387
1996	1.50	1.48	2.7	1.64	3.20	4.75	2.548	0.665	1.044	10.799	0.385
1997	1.50	1.48	2.7	1.64	3.20	4.75	2.492	0.643	1.021	10.798	0.384
1998	1.50	1.48	2.7	1.64	3.20	4.75	2.427	0.613	0.989	10.796	0.381
1999	0.67	1.48	2.7	1.64	3.20	4.75	2.385	0.584	0.968	10.790	0.383
2000	0.67	1.48	2.7	1.64	3.20	4.75	2.322	0.557	0.900	10.790	0.382

En las tablas anteriores tenemos 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 fueron 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 (HCT, CO y NOx).

En el caso de los taxis, las mediciones realizadas en el IMP fueron para años modelo 1991 a 1999 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.

Además 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.

Para los vehículos que utilizan combustibles alternos, tenemos la siguiente sub clasificación de acuerdo con el tipo de vehículo empleado en el presente inventario.

Tabla A.3.15 Distribución de vehículos que utilizan combustibles alternos.

Clasificación final	ID	Tipo de vehículo
AP/TAX	VPGLP	Autos particulares y taxis a GLP.
CGLP	CGLP	Camiones de carga a GLP.
MIC	MICLP	Microbuses a GLP
	MICGN	Microbuses a GNC
VGNC	APGN	Vehículos ligeros a GNC
	VPGN	Vehículos pesados a GNC

En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión para los vehículos que utilizan combustibles alternos, los cuales fueron tomados del IPCC, para estos vehículos los HCT se obtienen al sumar la emisión de los hidrocarburos no metánicos (HCNM) y el metano (CH₄).

Tabla A.3.16 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para HCNM de combustibles gaseosos.

AÑO MODELO	HCNM [gr/km]				
	VPGLP	MICLP/CGLP	APGN	MICGN	VPGN
1992 y ant.	3.50	8.00	0.50	1.40	2.00
1993-2000	0.25	0.70	0.05	0.20	0.40

Tabla A.3.17 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para CH₄ de combustibles gaseosos.

AÑO MODELO	CH ₄ [gr/km]				
	VPGLP	MICLP/CGLP	APGN	MICGN	VPGN
1992 y ant.	0.18	0.40	3.50	10.00	10.00
1993-2000	0.03	0.15	0.70	3.00	4.00

Tabla A.3.18 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para CO de combustibles gaseosos.

AÑO MODELO	CO [gr/km]				
	VPGLP	MICLP/CGLP	APGN	MICGN	VPGN
1992 y ant.	8.0	24.0	4.0	12.0	8.0
1993-2000	0.3	1.0	0.3	1.0	1.5

Tabla A.3.19 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo para NOx de combustibles gaseosos.

AÑO MODELO	NOx [gr/km]				
	VPGLP	MICLP/CGLP	APGN	MICGN	VPGN
1992 y ant.	2.1	5.7	2.1	5.7	23.0
1993-2000	0.5	2.6	0.5	2.6	4.0

A.3.3 Cálculo de las emisiones de HCT, COT'S, CH₄, COV'S, CO y NOx.

Con los KRV por tipo de vehículo y año modelo, Tabla A.3.8 y Tabla A.3.9 para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente y los factores de emisión para HCT, CO y NOx (tablas A.3.12 a A.3.15) 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 el 2000, las emisiones de la ZMVM son la suma de las del Distrito Federal y el Estado de México.

A continuación se muestra un ejemplo para obtener las emisiones de HCT para los autos particulares del año modelo 1976 y anteriores a gasolina para el Distrito Federal y El Estado de México a partir de la ecuación siguiente:

$$E_{ijk} = (KRV_{ij}) (FE_{ijk}) / (1,000,000)$$

Donde:

- E_{ijk} Emisión del tipo de vehículo i del año modelo j del contaminante k [ton/año].
- KRV_{ij} Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i del año modelo j [km/año].
- FE_{ijk} 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_{ij} [Km/año]	722,521,375	Para ilustrar la forma de cálculo, los KRV mostrados es el correspondiente a los autos particulares de año modelo 1976 y anteriores que utilizan gasolina y obtuvieron el holograma <i>dos</i> del PVVO en el Distrito Federal, por lo cual es una fracción del valor presentado en la Tabla A.3.8. ³	623,769,875	Para ilustrar la forma de cálculo, los KRV mostrados es el correspondiente a los autos particulares de año modelo 1976 y anteriores que utilizan gasolina y obtuvieron el holograma <i>dos</i> del PVVO en el Estado de México, por lo cual es una fracción del valor presentado en la Tabla A.3.9. ³	
FE_{ijk} [g/Km]	6.255	corresponde al valor sombreado de la Tabla A.3.12	6.255	corresponde al valor sombreado de la Tabla A.3.12	

³ Los archivos desagregados de los KRV por holograma del PVVO, por combustible y por tipo de vehículo están bajo resguardo del área responsable del cálculo y quedan a disposición de quien lo solicite.

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación A.3.2, tenemos:

Distrito Federal

$$E_{\text{AUTG 1974 y ant. HCT}} = (722,521,375) (6.255)/1,000,000 = 4,519 \text{ ton/año}$$

Estado de México

$$E_{\text{AUTG 1974 y ant. HCT}} = (623,769,875) (6.255)/1,000,000 = 3,902 \text{ ton/año}$$

Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{\text{AUTG 1974 y ant. HCT}} = 4,519 + 3,902 = 8,421 \text{ ton/año}$$

De igual forma como en el ejemplo anterior se calcularon todos los valores presentados en la tabla siguiente.

Tabla A.3.20 Emisiones de HCT por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM.

Año-modelo	Emisiones de HCT [ton/año]												
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC	
1976 y ant.	10,927	112	189	471	1,202	2,865	1,789	231	1,158	-	-	56	-
1977	1,489	24	55	51	193	588	203	65	112	-	-	5	-
1978	1,947	47	28	77	289	665	249	87	180	-	-	12	-
1979	2,588	37	62	98	360	634	356	82	224	-	-	18	-
1980	3,492	83	116	118	444	875	516	111	270	-	-	52	-
1981	4,289	129	212	153	592	1,156	636	103	353	-	-	110	-
1982	4,177	194	318	161	644	1,570	381	79	395	-	-	111	-
1983	2,159	116	177	70	317	1,945	120	26	122	-	-	42	-
1984	2,604	128	234	71	325	1,808	215	148	153	-	-	57	-
1985	3,201	251	356	159	475	843	307	78	334	-	-	144	-
1986	2,958	375	381	147	447	980	190	61	253	-	-	69	-
1987	2,130	354	277	149	339	1,677	153	29	150	-	-	109	-
1988	2,402	431	253	256	522	1,345	185	38	230	-	-	61	-
1989	3,607	793	440	1,058	679	1,148	233	71	350	2,733	-	91	-
1990	4,671	2,956	516	2,749	698	1,246	212	378	480	378	-	209	-
1991	4,201	4,445	563	4,823	781	1,985	357	246	688	453	-	221	-
1992	4,575	6,582	932	4,961	679	2,752	353	302	621	722	-	376	-
1993	4,314	2,113	594	647	759	3,313	239	251	321	373	-	28	-
1994	4,537	2,098	266	208	731	3,637	179	167	205	341	-	35	-
1995	1,255	765	227	141	429	3,339	93	71	118	128	-	31	-
1996	1,091	316	54	53	154	612	22	93	33	85	-	24	-
1997	2,064	508	47	100	325	388	114	225	73	118	-	25	-
1998	3,502	660	51	132	454	176	142	77	80	162	-	24	2
1999	1,901	474	25	133	338	438	143	89	115	147	-	19	49
2000	3,450	684	80	228	604	544	219	113	194	132	-	13	2
TOTAL	83,531	24,675	6,453	17,214	12,780	36,529	7,606	3,221	7,212	5,772	1,942	53	

Una vez calculadas las emisiones de hidrocarburos totales, se les aplican los porcentajes de la Tabla A.3.21 para obtener las emisiones de metano, compuestos orgánicos volátiles y compuestos orgánicos totales.

Tabla A.3.21 Porcentaje de CH₄ COV's y COT's con respecto a los HCT.

TIPO DE VEHÍCULO	% CH ₄	% COV's	% COT's
APG	5.3	93.6	1.827
APD	5.8	98.8	5.195
TAXG	5.8	93.6	1.827
COG	4.1	93.6	1.827
MIG	5.2	93.5	1.484
MID	2.8	98.8	4.920
PUG	6.1	93.4	1.366
PUD	3.9	98.8	4.920
V ≤ 3G	5.9	93.5	1.484
V ≤ 3D	92.0	98.8	4.920
TRAG	10.0	93.9	2.994
TRAD	4.3	98.8	3.271
AUTG	10.0	93.9	2.994
AUTD	4.1	98.8	3.271
V > 3G	5.9	93.9	2.994
V > 3D	4.2	98.8	3.271
MCG	3.9	96.5	2.830

Tabla A.3.22 Emisiones de CH₄ por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM.

Año-modelo	Emisiones de CH ₄ [ton/año]											
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V ≤ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC
1976 y ant.	579	7	8	24	73	227	77	10	67	-	-	3
1977	79	1	2	3	12	42	9	3	7	-	-	-
1978	103	3	1	5	18	46	11	4	10	-	-	1
1979	137	2	3	5	22	48	15	3	13	-	-	1
1980	185	5	5	6	27	72	23	5	16	-	-	3
1981	228	7	9	8	36	88	29	4	20	-	-	5
1982	221	11	13	8	39	107	17	3	23	-	-	5
1983	114	7	7	4	19	119	5	1	7	-	-	2
1984	138	7	10	4	20	114	9	5	9	-	-	3
1985	170	15	15	8	29	59	13	3	19	-	-	7
1986	157	22	16	8	27	65	8	3	15	-	-	3
1987	113	21	11	8	21	103	7	1	9	-	-	5
1988	127	25	10	13	32	85	8	2	13	-	-	3
1989	191	46	18	55	41	79	10	3	20	106	-	4
1990	247	171	21	143	42	103	9	15	28	15	-	11
1991	223	258	23	252	48	146	16	10	41	18	-	12
1992	242	382	38	258	41	176	15	13	37	28	-	18
1993	229	123	24	35	46	207	10	10	18	15	-	5
1994	240	122	11	11	45	227	8	7	12	13	-	6
1995	67	44	9	8	26	202	4	3	6	5	-	5
1996	58	18	2	3	10	38	1	4	2	3	-	4
1997	109	29	2	6	20	28	5	9	4	5	-	4
1998	186	38	2	8	28	13	6	3	4	6	-	4
1999	101	27	1	15	21	32	6	4	6	6	-	3
2000	183	40	3	56	37	39	9	5	10	5	-	2
TOTAL	4,427	1,431	264	954	780	2,465	330	133	416	225	119	49

Tabla A.3.23 Emisiones de COV's por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM.

Año-modelo	Emisiones de COV [ton/año]											
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC
1976 y ant.	10,228	105	177	440	1,139	2,683	1,691	218	1,100	-	-	53
1977	1,394	23	52	47	183	550	192	62	107	-	-	4
1978	1,822	44	26	72	274	622	237	82	171	-	-	11
1979	2,423	35	58	91	342	593	336	77	213	-	-	17
1980	3,269	77	109	111	421	819	488	105	258	-	-	49
1981	4,015	121	199	143	563	1,082	602	97	337	-	-	103
1982	3,910	181	298	150	614	1,470	360	74	378	-	-	104
1983	2,021	108	166	66	302	1,818	114	25	117	-	-	40
1984	2,437	120	219	67	309	1,691	203	120	147	-	-	53
1985	2,996	235	333	149	453	788	290	73	321	-	-	135
1986	2,769	351	357	138	426	917	180	57	243	-	-	65
1987	1,993	331	259	139	324	1,568	145	27	144	-	-	102
1988	2,249	404	236	239	498	1,258	175	36	221	-	-	57
1989	3,376	742	412	990	648	1,073	221	67	337	2,682	-	85
1990	4,371	2,766	483	2,573	668	1,165	200	356	462	373	-	197
1991	3,932	4,161	527	4,514	749	1,856	337	233	663	446	-	207
1992	4,282	6,161	872	4,643	653	2,574	334	286	598	712	-	354
1993	4,038	1,977	556	606	730	3,098	226	238	310	369	-	26
1994	4,246	1,964	249	195	706	3,401	169	159	198	337	-	33
1995	1,175	716	211	132	415	3,122	88	68	114	127	-	29
1996	1,021	296	50	50	149	572	20	87	32	84	-	23
1997	1,932	476	44	93	314	362	108	212	71	117	-	23
1998	3,278	618	48	123	441	165	135	73	77	160	-	22
1999	1,779	443	24	124	328	409	135	85	111	145	-	18
2000	3,229	641	75	213	584	509	207	109	187	130	-	12
TOTAL	78,185	23,096	6,040	16,108	12,233	34,165	7,193	3,026	6,917	5,682	1,822	50

Tabla A.3.24 Emisiones de COT'S por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM.

Año-Modelo	Emisiones de COT [ton/año]											
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC
1976 y ant.	11,127	114	193	478	1,219	2,911	1,847	239	1,192	-	-	57
1977	1,517	25	56	51	195	597	210	67	115	-	-	5
1978	1,983	48	28	78	293	675	258	89	185	-	-	12
1979	2,636	38	63	99	365	644	367	84	230	-	-	19
1980	3,556	84	119	120	450	889	533	115	279	-	-	53
1981	4,368	132	216	155	600	1,174	658	107	363	-	-	112
1982	4,254	197	324	163	653	1,595	393	82	407	-	-	113
1983	2,198	118	180	71	321	1,974	124	27	126	-	-	43
1984	2,652	130	238	72	329	1,835	222	130	158	-	-	58
1985	3,260	255	362	162	481	856	317	80	344	-	-	147
1986	3,012	382	388	149	453	995	196	63	261	-	-	71
1987	2,169	360	282	151	344	1,702	158	30	154	-	-	111
1988	2,446	439	257	260	529	1,365	191	39	237	-	-	62
1989	3,673	807	448	1,074	688	1,165	241	73	361	2,810	-	92
1990	4,754	3,010	525	2,790	707	1,266	218	391	494	389	-	212
1991	4,278	4,527	574	4,895	792	2,015	368	255	709	466	-	224
1992	4,658	6,702	949	5,035	689	2,794	364	311	639	742	-	383
1993	4,393	2,151	605	657	770	3,363	247	260	331	384	-	29
1994	4,619	2,137	271	211	741	3,690	185	172	211	351	-	35
1995	1,278	779	230	143	435	3,389	97	73	122	132	-	32
1996	1,111	322	55	54	156	621	22	96	34	87	-	25
1997	2,102	518	48	101	330	393	118	232	76	121	-	25
1998	3,565	672	52	134	461	179	147	79	83	167	-	24
1999	1,936	482	26	135	342	445	148	92	119	151	-	19
2000	3,513	697	82	231	612	552	226	117	200	135	-	13
TOTAL	85,058	25,126	6,571	17,469	12,955	37,084	7,855	3,303	7,430	5,935	1,976	54

Tabla A.3.25 Emisiones de CO por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM.

Año-Modelo	Emisiones de CO [ton/año]												
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC	
1976 y ant.	133,451	1,372	1,989	5,011	12,955	30,499	4,156	870	19,191	-	-	160	-
1977	18,188	296	580	528	2,087	6,313	470	237	1,857	-	-	13	-
1978	23,774	574	294	811	3,115	7,151	586	195	3,006	-	-	34	-
1979	31,594	457	651	1,022	3,879	6,775	823	198	3,673	-	-	86	-
1980	42,637	1,009	1,223	1,255	4,775	9,282	1,181	354	4,316	-	-	150	-
1981	52,361	1,578	2,231	1,585	6,370	12,335	1,474	411	5,656	-	-	313	-
1982	50,990	2,365	3,343	1,701	6,948	16,909	909	324	6,522	-	-	316	-
1983	21,115	1,132	1,863	740	3,417	21,078	279	74	2,059	-	-	121	-
1984	25,464	1,250	2,462	748	3,506	19,558	501	370	2,537	-	-	162	-
1985	31,306	2,452	3,741	1,659	5,095	9,050	729	275	5,618	-	-	412	-
1986	28,932	3,665	4,008	1,546	4,812	10,565	453	221	4,171	-	-	198	-
1987	20,821	3,462	2,912	1,575	3,663	18,170	350	108	2,499	-	-	312	-
1988	20,915	3,758	2,655	2,737	5,639	14,552	433	127	3,871	-	-	173	-
1989	31,401	6,909	4,622	11,393	7,326	12,347	562	254	6,271	10,602	-	259	-
1990	40,613	25,751	5,421	29,551	7,528	13,214	513	945	8,379	1,467	-	598	-
1991	36,658	38,886	5,920	52,023	8,390	21,250	857	681	11,858	1,765	-	631	-
1992	39,856	57,570	9,791	53,553	7,265	29,752	825	831	10,499	2,823	-	1,077	-
1993	41,621	17,442	6,247	7,024	8,220	35,884	725	791	4,321	2,125	-	33	-
1994	43,758	17,325	2,800	2,227	7,915	39,379	574	551	3,366	2,298	-	41	-
1995	8,743	6,316	2,372	1,514	4,648	36,224	312	232	1,717	894	-	36	-
1996	7,604	2,611	565	565	958	14,028	80	329	396	744	-	29	-
1997	14,384	4,198	491	1,057	2,029	8,801	406	790	865	1,078	-	29	-
1998	24,407	5,448	539	1,379	2,837	3,983	497	271	946	1,564	-	28	1
1999	11,387	3,911	268	1,315	2,108	9,929	499	312	1,332	1,508	-	22	16
2000	20,665	5,650	844	1,916	3,774	12,356	761	399	2,225	1,456	-	15	1
TOTAL	822,645	215,387	67,832	184,435	129,259	419,384	18,955	10,150	117,151	28,324	5,248	18	18

Tabla A.3.26 Emisiones de NOx por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM.

Año-Modelo	Emisiones de NOx [ton/año]												
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC	
1976 y ant.	3,669	38	90	232	912	2,219	5,140	607	481	-	-	38	-
1977	500	8	26	25	146	455	583	172	46	-	-	3	-
1978	654	16	13	38	219	514	719	250	68	-	-	8	-
1979	869	13	30	49	273	490	1,020	232	96	-	-	20	-
1980	1,173	28	56	58	337	678	1,491	304	142	-	-	36	-
1981	1,441	43	101	77	449	894	1,836	267	179	-	-	74	-
1982	1,403	65	153	80	488	1,215	1,091	202	167	-	-	75	-
1983	798	43	85	35	240	1,502	345	74	46	-	-	29	-
1984	962	48	112	35	246	1,397	617	349	67	-	-	38	-
1985	1,183	93	170	79	360	652	878	206	129	-	-	98	-
1986	1,093	138	182	73	339	757	544	160	110	-	-	47	-
1987	787	131	133	73	257	1,295	440	77	61	-	-	75	-
1988	1,110	199	121	125	396	1,039	529	102	83	-	-	41	-
1989	1,667	366	210	516	514	887	666	189	163	46	-	61	-
1990	2,159	1,366	246	1,339	529	965	605	1,081	248	6	-	142	-
1991	2,808	2,972	269	2,346	592	1,536	1,014	686	345	8	-	150	-
1992	3,051	4,400	445	2,412	514	2,126	1,008	842	289	13	-	256	-
1993	4,216	1,698	284	329	578	2,564	709	746	223	30	-	86	-
1994	4,433	1,687	127	111	559	2,815	531	493	195	34	-	106	-
1995	1,799	615	108	77	328	2,585	276	210	143	14	-	95	-
1996	1,564	254	26	30	139	939	72	312	50	12	-	74	-
1997	2,958	409	22	58	290	598	386	759	119	17	-	75	-
1998	5,017	530	25	80	404	272	480	258	132	25	-	73	2
1999	2,386	381	12	84	301	678	482	299	199	25	-	58	43
2000	4,329	550	38	143	535	843	737	379	337	25	-	39	1
TOTAL	52,029	16,091	3,084	8,504	9,945	29,915	22,199	9,256	4,118	255	1,797	46	46

A.3.4 Emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y NH₃.

Para estimar las emisiones de partículas menores a 10 micras (PM₁₀), 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 Area*, realizado por la Universidad de Colorado en 1998, los cuales se enlistan en la Tabla A.3.27.

Tabla A.3.27 Factores de emisión para PM₁₀.

Tipo de combustible	Factor de emisión PM ₁₀ [gr/km]
Gasolina	0.029
Diesel	1.5
Gas LP ⁴	0.029
Gas Natural Comprimido	0.029

Con los datos del nivel de actividad por tipo de vehículo y año modelo, para el Distrito Federal y el Estado de México respectivamente y los factores de emisión de PM₁₀, (Tabla A.3.27), 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 ZMVM son la suma del Distrito Federal y el Estado de México.

A continuación se muestra un ejemplo para obtener las emisiones de PM₁₀ para los autos particulares de los años modelo 1976 y anteriores a gasolina para el Distrito Federal y el Estado de México a partir de la ecuación A.3.2.

Datos

	Distrito Federal		Estado de México	
	Valor	Fuente	Valor	Fuente
KRV _{ij} [Km/año]	722,521,375	Para ilustrar la forma de cálculo, los KRV mostrados es el correspondiente a los autos particulares de año modelo 1976 y anteriores que utilizan gasolina y obtuvieron el holograma <i>dos</i> del PVVO en el Distrito Federal, por lo cual es una fracción del valor presentado en la Tabla A.3.8.	623,769,875	Para ilustrar la forma de cálculo, los KRV mostrados es el correspondiente a los autos particulares de año modelo 1976 y anteriores que utilizan gasolina y obtuvieron el holograma <i>dos</i> del PVVO en el Estado de México, por lo cual es una fracción del valor presentado en la Tabla A.3.9.
FE _{ijk} [g/Km]	0.029	corresponde al valor sombreado de la Tabla A.3.27	0.029	corresponde al valor sombreado de la Tabla A.3.27

Distrito Federal

$$E_{\text{AUTG } 1976 \text{ y ant. PM}_{10}} = (722,521,375) (0.029)/1,000,000 = 21.0 \text{ ton/año}$$

Estado de México

$$E_{\text{AUTG } 1976 \text{ y ant. PM}_{10}} = (623,769,875) (0.029)/1,000,000 = 18.1 \text{ ton/año}$$

⁴ Tanto para GLP como para GNC, se utilizan los factores de emisión correspondiente a vehículos a gasolina por no contar con datos representativos para vehículos que utilizan estos combustibles.

Zona Metropolitana del Valle de México

$$E_{\text{AUTG 1976 y ant. PM}_{10}} = 21.0 + 18.1 = 39.1 \text{ ton/año}$$

Siguiendo el ejemplo anterior se calcularon las emisiones de PM_{10} para cada tipo de vehículo y año modelo, los resultados se tienen en la Tabla A.3.28.

Tabla A.3.28 Emisiones de PM_{10} por tipo de vehículo y año modelo para la ZMVM.

Año-Modelo	Emisiones de PM_{10} [ton/año]											
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC
1976 y ant.	51	1	1	8	10	59	430	50	17	-	-	-
1977	7	-	-	1	1	8	49	14	2	-	-	-
1978	9	-	-	1	2	8	60	21	2	-	-	-
1979	13	-	-	2	3	11	86	20	4	-	-	-
1980	17	-	1	2	4	20	125	25	7	-	-	-
1981	21	1	2	4	5	22	156	22	8	-	-	-
1982	20	1	3	3	5	19	93	17	6	-	-	-
1983	11	1	1	1	2	11	29	6	1	-	-	-
1984	13	1	1	1	2	14	53	30	2	-	-	-
1985	16	1	2	2	3	12	75	17	4	-	-	-
1986	15	2	2	1	3	10	47	14	4	-	-	-
1987	11	2	1	2	2	11	38	7	2	-	-	-
1988	15	3	1	1	4	10	46	9	2	-	-	-
1989	23	5	2	5	5	15	58	16	6	8	-	-
1990	30	19	3	10	5	33	53	94	11	1	2	-
1991	35	36	3	20	6	35	89	60	15	1	2	-
1992	38	53	5	18	5	24	88	74	12	2	2	-
1993	51	33	3	5	6	36	80	85	11	2	1	-
1994	54	33	1	5	6	43	67	63	12	3	1	-
1995	35	12	1	-	3	29	36	28	13	1	1	-
1996	31	5	-	1	3	14	10	43	4	1	1	-
1997	57	8	-	2	6	23	54	105	10	1	1	-
1998	98	10	-	3	8	14	67	36	11	2	1	-
1999	104	7	-	4	6	33	67	41	17	2	1	-
2000	188	11	-	9	13	44	102	52	30	2	-	-
TOTAL	963	245	33	111	118	558	2,058	949	213	26	13	N/R

La parte correspondiente a las $\text{PM}_{2.5}$ se calculó con las fracciones de tamaño de partícula reportados por el Comité de Recursos del Aire de California (CARB, por sus siglas en inglés) como parte de su programa de desarrollo de inventarios de emisiones; tomando como base dicho estudio se obtuvieron los siguientes porcentajes para calcular las $\text{PM}_{2.5}$ y en la Tabla A.3.30 tenemos las emisiones de $\text{PM}_{2.5}$ por año modelo y algunas cifras no coinciden por la pérdida de decimales ya que la emisión reportada esta redondeada.

Tabla A.3.29 Porcentaje de $\text{PM}_{2.5}$ con respecto a la emisión de PM_{10} .

Combustible	Porcentaje de PM_{10}
Gasolina, y combustibles gaseosos.	75%
Diesel.	92%

Tabla A.3.30 Emisiones de PM_{2.5} por tipo de vehículo y año modelo para la ZMVM.

Año-Modelo	Emisiones de PM _{2.5} [ton/año]											
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC
1976 y ant.	38	-	1	7	8	52	396	46	15	-	-	-
1977	5	-	-	1	1	7	45	13	1	-	-	-
1978	7	-	-	1	2	7	55	19	2	-	-	-
1979	11	-	-	2	3	10	79	18	3	-	-	-
1980	13	-	-	2	3	18	116	23	6	-	-	-
1981	16	-	1	4	4	19	144	21	7	-	-	-
1982	15	1	1	2	4	16	85	16	5	-	-	-
1983	8	-	1	1	2	9	27	6	1	-	-	-
1984	10	-	1	1	2	12	48	27	2	-	-	-
1985	12	1	1	1	3	10	69	16	3	-	-	-
1986	11	1	1	1	2	9	43	13	4	-	-	-
1987	8	1	1	1	2	9	35	6	2	-	-	-
1988	12	2	1	1	3	8	42	8	2	-	-	-
1989	17	4	2	4	4	13	53	15	6	6	-	-
1990	22	15	3	8	4	30	48	86	10	1	-	-
1991	26	27	3	16	4	31	82	55	14	1	1	-
1992	28	40	4	14	4	20	81	68	11	2	1	-
1993	38	25	2	5	4	31	74	77	10	2	1	-
1994	40	25	1	5	5	38	62	58	11	2	1	-
1995	26	9	1	1	2	24	34	26	12	1	1	-
1996	23	4	-	1	2	12	9	40	3	1	1	-
1997	43	6	-	2	4	20	49	97	9	1	1	-
1998	73	8	-	2	6	12	61	33	10	1	1	-
1999	78	6	-	3	5	29	62	38	16	1	1	-
2000	141	8	-	8	10	39	94	48	28	1	-	-
TOTAL	721	183	25	94	93	485	1,893	873	193	20	9	N/R

Este es el primer inventario en el que se hace un esfuerzo por reportar las emisiones de amoníaco (NH₃) proveniente de las fuentes móviles y los factores de emisión utilizados son los presentados por el Comité de Recursos del Aire de California en el taller denominado *Workshop of ammonia emissions inventory development*, realizado en julio de 1998 y los desarrollados en el estudio *Investigation of emission rates of ammonia and other toxic and low level compounds*, realizado por el Centro para la investigación ambiental y tecnológica de la Universidad de California en septiembre del 2001, los factores de emisión para gasolina y diesel se tienen en la Tabla A.3.31 y los utilizados para los combustibles gaseosos son los reportados en la Tabla A.3.32.

Tabla A.3.31 Factores de emisión por tipo de vehículo y año modelo de NH₃ para combustibles líquidos.

Año modelo	Factor de Emisión para NH ₃ [gr/km]										
	APG	TAX	CO	PICG	V £ 3G	MICG	TRAG/AUTG /V > 3G	APD	PICD/V £ 3D/MICD	TRAD/AUTD/ V > 3D	MC
1990 y ant.	0.00162	0.00162	0.00162	0.00162	0.00162	0.00162	0.00162	0.00192	0.00192	0.00192	0.00162
1991-1992	0.00609	0.00609	0.00609	0.00609	0.00609	0.00609	0.00609	0.00192	0.00192	0.00192	0.00609
1993-2000	0.07203	0.07203	0.07203	0.07203	0.07203	0.07203	0.07203	0.00192	0.00192	0.00192	0.07203

Tabla A.3.32 Factores de emisión por tipo de vehículo de NH₃ para combustibles gaseosos.

NH ₃ [gr/km]				
VPGLP	MICLP/CGLP	APGN	MICGN	VPGN
0.000309	0.000309	0.000013	0.000192	0.000192

Las emisiones de NH₃ se obtienen de forma similar a la descrita para las PM₁₀ y las emisiones se muestran en la Tabla A.3.33.

Tabla A.3.33 Emisiones de NH₃ por tipo de vehículo y año modelo para la ZMVM.

Año-Modelo	Emisiones de NH ₃ [ton/año]											
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	VGNC
1976 y ant.	3	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
1978	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
1979	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1985	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1987	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	7	8	1	3	1	2	-	-	1	-	-	-
1992	8	11	1	3	1	3	-	-	-	-	-	-
1993	126	82	8	6	13	33	-	-	4	7	-	-
1994	133	82	3	1	13	36	-	-	3	6	-	-
1995	86	30	3	1	8	33	-	-	1	3	-	-
1996	75	12	1	-	7	21	-	-	1	2	-	-
1997	142	20	1	1	12	13	-	-	2	3	-	-
1998	240	26	1	1	17	6	-	-	2	5	-	-
1999	256	19	-	1	13	15	-	-	2	5	-	-
2000	465	27	1	1	23	19	-	-	4	5	-	-
TOTAL	1,555	318	20	18	108	182	3	1	20	36	N/R	N/R

A.3.5 Emisiones de SO₂

Las emisiones de bióxido de azufre (SO₂), se calcularon mediante un balance de masa, tomando en cuenta el consumo total de combustibles y el contenido de azufre de cada combustible, (Tabla A.3.34).

Tabla A.3.34 Consumo y propiedades de los combustibles

Tipo de combustible	Consumo [m ³]		Contenido de Azufre [%w]	Densidad [ton/m ³]
	D.F.	EdoMéx		
Gasolina magna	3,800,929	2,036,584	0.040 ¹	0.730 ¹
Gasolina Premium	448,560	185,978	0.020 ¹	0.734 ¹
Pemex Diesel	575,877	473,879	0.040 ¹	0.835 ¹
Gas LP	183,830	99,326	0.014 ²	0.540 ⁴
Gas Natural	6,201,504	-----	0.0001195 ³	0.554 ⁵

1: PEMEX Refinación; Septiembre 2001/PXR-SC-ASC-104/01.

2: Norma Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994; Tabla 12, Gaceta Ecológica, mayo de 1995, de [0.14 kg/ton].
Equivalente a $([0.14 \text{ kg de S/ton glp}]/[1000 \text{ kg/ton}]_s) * 100 = [0.014 \%w]$

3: Norma Oficial Mexicana NOM-086-ECOL-1994; Tabla 11, Gaceta Ecológica, mayo de 1995, de [0.32 dm³/m³].

Equivalente a $([0.32 \text{ dm}^3 \text{ de S/m}^3 \text{ de gn}]/[0.554 \text{ m}^3/\text{ton}]_{gn}) * [0.001 \text{ m}^3/\text{dm}^3]_s * ([2.07 \text{ kg/m}^3]_s/[1000 \text{ kg/ton}]_S) * 100 = [0.0001195 \%w]$.

4: PEMEX Gas y Petroquímica Básica; Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas "Gas Licuado de Petróleo".

5: PEMEX Gas y Petroquímica Básica; Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas "Gas Natural".

Para estimar las emisiones de bióxido de azufre por el proceso de combustión, se asume que el contenido de azufre del combustible, se convierte en su totalidad en bióxido de azufre; lo cual significa que por cada tonelada de azufre se producen 2 toneladas de bióxido de azufre.

Emisiones de SO₂ por entidad y tipo de combustible

Tipo de combustible	Emisiones [ton/año]	
	DF	EdoMéx
Gasolina magna	2,219.74	1,189.37
Gasolina Premium	131.43	54.49
Pemex Diesel	384.69	316.55
Gas LP	27.76	15.00
Gas Natural	8.06	

La distribución de las emisiones por tipo de vehículo, se realizó con base al porcentaje de vehículos por tipo de combustible y la fracción de kilómetros que recorre cada categoría.

Tabla A.3.35 Emisiones por tipo de vehículo, combustible y entidad federativa

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año]									
	Distrito Federal					Estado de México				
	G	D	GLP	GN	Total	G	D	GLP	GN	Total
Autos particulares	1,501	5			1,506	908	9	9		926
Taxis	486				486	101		N/S		101
Combis	11				11	115				115
Microbuses	2	N/S	9	8	19	2	7	1	N/S	10
Pick ups	101	3			104	91	34	5		130
Vehículos ≤ 3 ton.	195	204			399	7	108			115
Tractocamiones	N/S	98			98	N/S	61	N/S		61
Autobuses		45			45	N/S	30	N/S		30
Vehículos > 3 ton.	3	30			33	7	67			75
Motocicletas	52				52	12				12
Camiones de carga a gas LP			19		19			1		1
Vehículos a gas natural				N/S	N/S				N/S	N/S
Total	2,351	385	28	8	2,772	1,244	317	15	N/S	1,576

De esta forma las emisiones de contaminantes por tipo de vehículo para el año 2000 en el Distrito Federal, el Estado de México y la Zona Metropolitana del Valle de México se reporta en las siguientes tablas.

Tabla A.3.36 Emisiones por fuentes móviles en el Distrito Federal, 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año].									
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃	
Autos particulares	685	512	1,506	460,229	34,792	49,763	2,590	45,742	1,260	
Taxis	220	164	486	182,459	14,344	21,603	1,230	19,857	299	
Combis	5	4	11	9,895	450	958	38	881	4	
Microbuses	36	27	19	116,433	5,301	10,986	614	10,133	9	
Pick up	48	37	104	53,921	4,300	5,553	334	5,413	66	
Vehículos ≤ 3 ton	347	293	399	383,364	27,191	33,653	2,088	30,999	173	
Tractocamiones	1,611	1,482	98	14,448	17,377	6,128	256	5,543	2	
Autobuses	738	679	45	6,301	7,278	2,519	100	2,281	1	
Vehículos > a 3 ton	113	103	33	47,789	1,947	3,081	172	2,938	12	
Motocicletas	23	18	52	24,673	233	5,043	191	4,845	34	
Camiones de carga a gas L.P.	10	7	19	4,155	1,383	1,566	92	1,444	N/S	
Vehículos a GNC	N/S	N/S	N/S	18	45	52	47	48	N/S	
Total	3,836	3,326	2,772	1,303,685	114,641	140,905	7,752	130,124	1,860	

Tabla A.3.37 Emisiones por fuentes móviles en el Estado de México, 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año].								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Autos particulares	278	209	926	362,416	17,237	35,295	1,837	32,443	295
Taxis	25	19	101	32,928	1,747	3,523	201	3,239	19
Combis	28	21	115	57,937	2,634	5,613	226	5,159	16
Microbuses	75	67	10	68,002	3,203	6,483	340	5,975	9
Pick up	70	56	130	75,338	5,645	7,402	446	6,820	42
Vehículos ≤ 3 ton	211	192	115	36,020	2,724	3,431	377	3,166	9
Tractocamiones	447	411	61	4,507	4,822	1,727	74	1,650	1
Autobuses	211	194	30	3,849	1,978	784	33	745	N/S
Vehículos > a 3 ton	100	90	75	69,362	2,171	4,349	244	3,979	8
Motocicletas	3	2	12	3,651	22	892	34	837	2
Camiones de carga a gas L.P.	3	2	1	1,093	414	410	27	378	N/S
Vehículos a GNC	N/S	N/S	N/S	N/S	1	2	2	2	N/S
Total	1,451	1,263	1,576	715,103	42,598	69,911	3,841	64,393	401

Tabla A.3.38 Emisiones por fuentes móviles en la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000.

Tipo de vehículo	Emisiones [ton/año].								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Autos particulares	963	721	2,432	822,645	52,029	85,058	4,427	78,185	1,555
Taxis	245	183	587	215,387	16,091	25,126	1,431	23,096	318
Combis	33	25	126	67,832	3,084	6,571	264	6,040	20
Microbuses	111	94	29	184,435	8,504	17,469	954	16,108	18
Pick up	118	93	234	129,259	9,945	12,955	780	12,233	108
Vehículos ≤ 3 ton	558	485	514	419,384	29,915	37,084	2,465	34,165	182
Tractocamiones	2,058	1,893	159	18,955	22,199	7,855	330	7,193	3
Autobuses	949	873	75	10,150	9,256	3,303	133	3,026	1
Vehículos > a 3 ton	213	193	108	117,151	4,118	7,430	416	6,917	20
Motocicletas	26	20	64	28,324	255	5,935	225	5,682	36
Camiones de carga a gas L.P.	13	9	20	5,248	1,797	1,976	119	1,822	N/S
Vehículos a GNC	N/S	N/S	N/S	18	46	54	49	50	N/S
Total	5,287	4,589	4,348	2,018,788	157,239	210,816	11,593	194,517	2,261

A.4 MEMORIA DE CÁLCULO DE FUENTES NATURALES

A.4.1 Vegetación y Suelos

El cálculo de las emisiones biogénicas para la Zona Metropolitana del Valle de México referidas al año 2000, fue realizado a través del software PC-BEIS 2.2 “*Personal Computing Biogenic Emissions Inventory System*”, desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental Norteamericana (US-EPA). El cual permitió estimar emisiones horarias de compuestos orgánicos volátiles biogénicos y emisiones de NOx generados por el suelo. Este programa utiliza como datos de entrada para cada corrida, la *meteorología*, el *uso de suelo* y los *factores de emisión* por especie vegetal.

Meteorología

La *meteorología*, consiste en datos tabulados de temperatura ambiental en grados Celsius [°C] y datos de nubosidad en porcentaje de un día (24 horas) expresada en fracción, (es decir el 50% corresponde al 0.5), esto constituye el escenario horario para un día seleccionado.

Los archivos meteorológicos para la ejecución del PC-BEIS, requieren del parámetro de la radiación fotosintéticamente activa, **PAR** (por sus siglas en inglés), la PAR es la energía del espectro visible que utilizan las plantas para realizar su fotosíntesis y se encuentra en un rango de longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros; si contamos con los datos de nubosidad, ésta radiación es calculada automáticamente por el software, así entonces, el archivo de entrada para este campo es igual a cero.

Temperatura y nubosidad

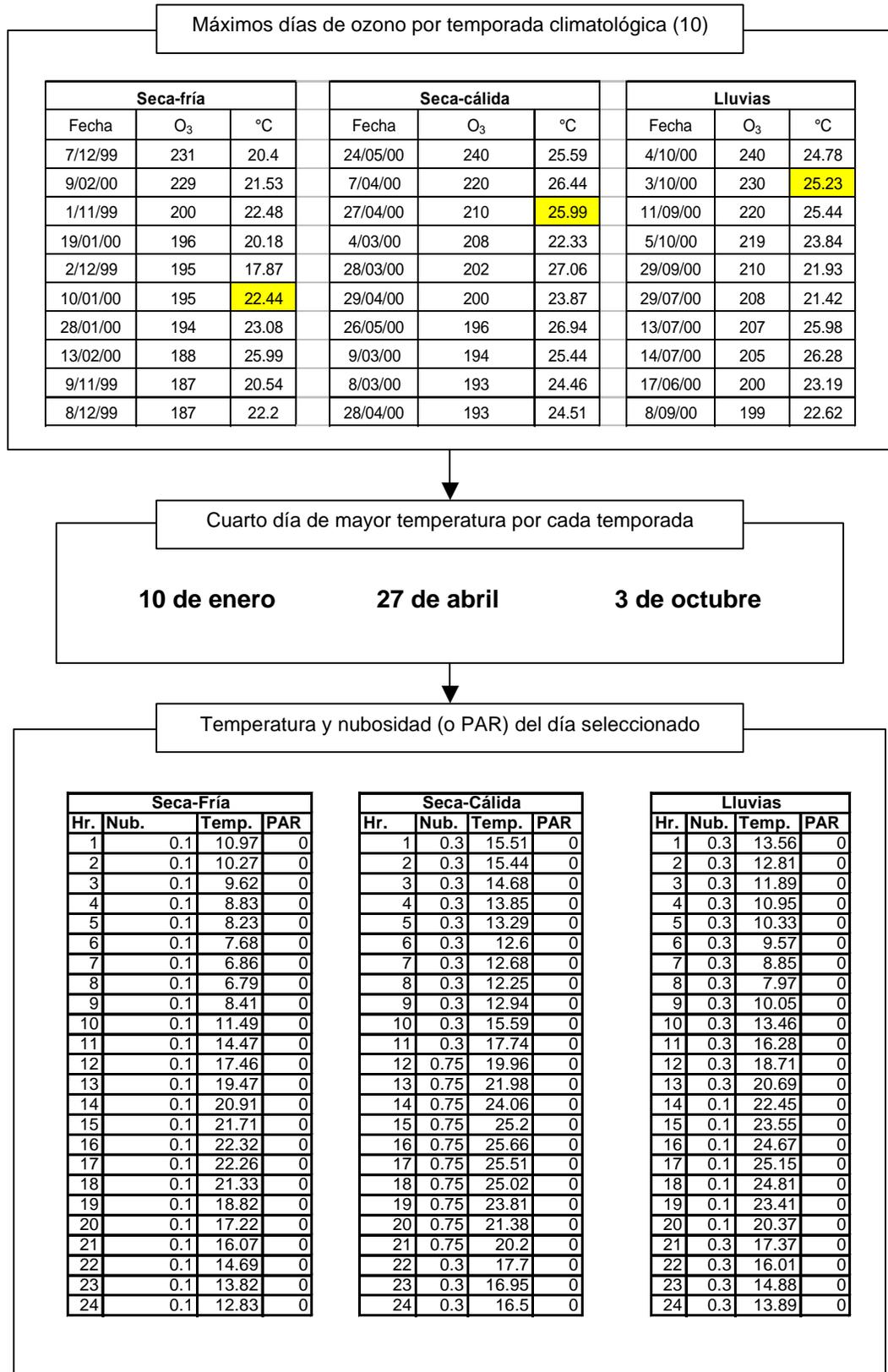
Conforme al estudio denominado, “*Cálculos y mediciones de hidrocarburos naturales en el Valle de México*”¹, la Zona Metropolitana del Valle de México presenta tres temporadas climatológicas:

1. Seca-fría: Noviembre -Febrero
2. Seca-cálida: Marzo -Mayo
3. Lluvias: Junio -Octubre

Por lo anterior, se seleccionaron los días más representativos de cada una de ellas, los cuales fueron: el 10 de enero, el 27 de abril y el 3 de octubre del año 2000, la selección de dichos días se realizó de acuerdo a la Figura A.4.1.

¹ Ruíz Suárez, *et al*, 1994.

Figura A.4.1 Archivos meteorológicos por temporada climatológica, 2000



La información meteorológica para el cálculo de éstas emisiones fue proporcionada por la Subdirección de Meteorología de la Dirección de Inventario y Modelación de Emisiones y proviene de las mediciones horarias de las estaciones meteorológicas de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA).

Área geográfica y uso de suelo

El área geográfica utilizada en este estudio, corresponde a 3,590 Km², cabe mencionar que debido al uso de los sistemas de información y a la escala de la cobertura digital de donde se obtuvieron dichas áreas, éstas pueden variar en un mínimo con la reportada para el área de estudio del inventario general.

Tabla A.4.1 Superficies por entidad para el cálculo de las emisiones biogénicas [Km²]

Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
1,508	2,082	3,590

Para la obtención del uso de suelo se utilizó como base la cobertura digital de vegetación del Inventario Nacional Forestal² 2000, escala 1:250,000, la cual se procesó utilizando un sistema de información geográfica (ArcView).

La Figura A.4.2 describe el proceso de obtención del archivo de uso de suelo.

² SEMARNAT, 2000

Con base en lo anterior, se obtuvo una distribución de uso de suelo como se muestra en la Tabla A.4.2.

Tabla A.4.2 Uso de suelo en la Zona Metropolitana del Valle de México, 2000

Uso de suelo	Distrito Federal		Estado de México		ZMVM	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Agrícola	465	13	1006	28	1470	41
Forestal	395	11	459	13	854	24
Urbano	641	17	565	15	1206	32
Otros	7	1	52	2	59	3

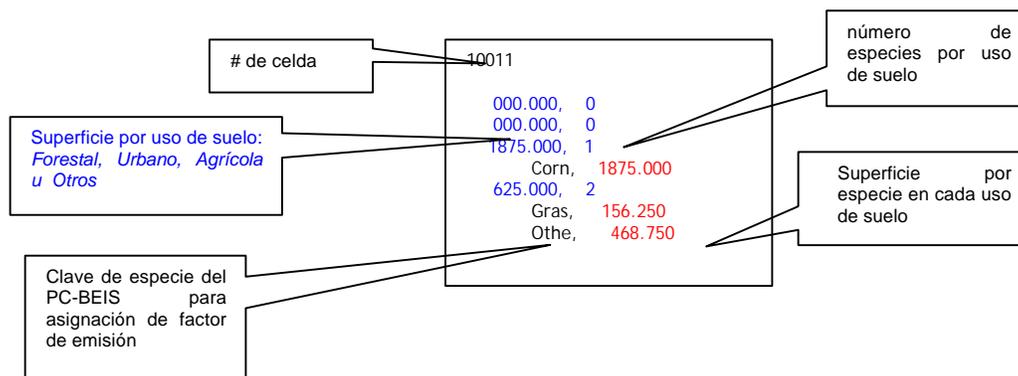
Nota: Datos provenientes de la cobertura digital de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000 (SEMARNAT, 2000)
El uso de suelo "Otros" incluye cuerpos de agua, matorral y áreas sin vegetación aparente

Los usos de suelo incluyen los siguientes tipos de vegetación:

1. **Forestal.** Incluye bosque de pino, pino-encino, encino, oyamel.
2. **Forestal urbano.** Áreas urbanas con 20% de pasto y 20% bosque.
3. **Agrícola.** Cultivos como alfalfa, papa, avena, maíz, naranjo, manzana, pastura y arroz por mencionar algunos.
4. **Otros.** Incluye matorrales, cuerpos de agua y áreas sin vegetación aparente.

Al final del proceso se contó con el archivo de entrada para las corridas del PC-BEIS manteniendo la siguiente estructura:

Figura A.4.3 Estructura del archivo de entrada para el uso de suelo en PC-BEIS



Factores de Emisión

En el cálculo de las emisiones, se tomaron los factores de emisión nativos del PC-BEIS, con base en ellos se clasificaron las especies vegetales del área de estudio. Es importante resaltar que no existen suficientes factores de emisión en dicho software para ser asociados a nuestras especies forestales y/o agrícolas, por lo tanto, el proceso de asignación de factores de emisión, se realizó con base en la familia taxonómica de la que procede cada planta y se le asoció una especie de la tabla del PC-BEIS que correspondiera a la misma familia. Finalmente, los cultivos que no pudieron ser clasificados siguiendo este método, se colocaron en la clase de *misceláneos*.

Los usos de suelo y las categorías asignadas, así como el respectivo factor de emisión por contaminante se muestran a continuación en la Tabla A.4.3

Tabla A.4.3 Factores de emisión por uso de suelo.

Uso de suelo	Uso de suelo PCBEIS	Categoría PCBEIS	Factor de emisión [mg/m ² /hr]			
			Isopreno	Monoterpeno	Otros COV	NOx
Agricultura	agrícola					
Asentamientos humanos	forestal-urbano	uoth	11.2	28.1	16.9	11.6
Bosque de encino	forestal	quer	29,750	85	693.7	4.5
Bosque de encino con vegetación secundaria	forestal	quer	29,750	85	693.7	4.5
Bosque de oyamel (incluye ayarin y cedro)	forestal	conf	1,550	1,564	1,036	4.5
Bosque de oyamel (incluye ayarin y cedro) con vegetación secundaria	forestal	conf	1,550	1,564	1,036	4.5
Bosque de pino	forestal	pinu	79.3	2,380	1,295	4.5
Bosque de pino con vegetación secundaria	forestal	pinu	79.3	2,380	1,295	4.5
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	forestal	mixf	1,1450	1,134	1,140	4.5
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) con vegetación secundaria	forestal	mixf	1,1450	1,134	1,140	4.5
Matorral crasicaule con vegetación secundaria	otros	desh	65	94.5	56.7	57.8
Pastizal inducido	agrícola	pacp	55	79.8	47.9	35.3
Plantación forestal	agrícola	past	55	79.8	47.9	35.3
Pradera de alta montaña	agrícola	past	56.2	140.5	84.3	57.8
Vegetación halófila y gipsofila	agrícola	past	56.2	140.5	84.3	57.8

En lo que se refiere a la superficie agrícola para el Distrito Federal, se utilizó la superficie sembrada de cada ciclo (primavera-verano, otoño-invierno), superficie de riego y temporal, así como los cultivos perennes del año 2000 (SAGARPA-Distrito Federal)³.

La siguiente tabla muestra los principales cultivos agrícolas utilizados.

³ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación - Delegación Distrito Federal

Tabla A.4.4 Especies agrícolas.

Acelga	Chile verde	Nochebuena
Alhelí	Durazno	Nopalitos
Amaranto	Ebo*	Nuez
Apio	Elote	Papa
Avena forrajera	Espinaca	Pera
Betabel	Flores	Rábano
Brócoli	Frijol	Remolacha forrajera
Calabacita	Geranio	Romerito
Capulín	Haba verde	Rosa
Ciruela	Higo	Rye grass
Clavel	Hortalizas	Tejocote
Col	Lechuga	Tomate verde
Coliflor	Maíz grano	Verdolaga
Chabacano	Manzana	Zanahoria
Chícharo	Membrillo	

* Leguminosa forrajera

Como se mencionó anteriormente, algunas de las especies cultivadas no cuentan con una categoría equivalente en la tabla de especies del PC-BEIS, la siguiente tabla muestra las especies que se consideraron en la categoría de misceláneos:

Tabla A.4.5 Especies que se incluyeron en la categoría de *misceláneos* del PC-BEIS

Acelga	Espinaca
Alhelí	Flores
Amaranto	Geranio
Apio	Hortalizas
Betabel	Lechuga
Brócoli	Rábano
Calabacita	Romerito
Clavel	Rosa
Col	Verdolaga
Coliflor	Zanahoria

En la siguiente tabla se aprecian las categorías utilizadas en el área agrícola, así como el respectivo factor de emisión por contaminante.

Tabla A.4.6 Especies agrícolas y factor de emisión

Especie	Factores de emisión [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$]			
	Isopreno	Monoterpeno	Otros COV	NOx
Alfa	19	7.6	11.4	12.8
Conf	1550	1564	1036	4.5
Corn	0.5	0	0	577.6
Crat	42.5	42.5	693.7	4.5
Desh	65	94.5	56.7	57.8
Gras	56.2	140.5	84.3	57.8
Jugl	42.5	1275	693.7	4.5
Macl	42.5	42.5	693.7	4.5
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
Past	56.2	140.5	84.3	57.8
Pota	9.6	24	14.4	192.5
Prun	42.5	42.5	693.7	4.5

Proceso de Cálculo

Con los datos obtenidos se elabora una base de datos nombrando a cada archivo de entrada solicitados por el software de la siguiente manera:

- 1.- Archivos de uso del suelo, **nombre.dat**
- 2.- Archivo con el número y nombre de la celda, **FPS.dat**
- 3.- Archivos de meteorología horaria para el día seleccionado, **nombre.met**
- 4.- Archivo con los factores de emisión, **BEIS2.tab**

Con los archivos en la PC y el ejecutable del programa en la misma ruta o carpeta de trabajo, se realiza la corrida de acuerdo con las instrucciones de la guía del usuario del PCBEIS, obteniendo finalmente un archivo de texto como se ejemplifica en la Figura A.4.4:

Figura A.4.4 Archivo resultado de una corrida con el software PCBEIS.

```

PCBEIS2.2 EMISSION RATES CORRECTED FOR NET INPUTS
*****TLAHUAC                HX*****

Simulation Date : 1/10/ 0
Latitude : 19.23
Longitude : 99.08
Time Zone : 6

HR  CLD  TSPSRF  ISOPRENE  ISO FLUX  MONOTERP  MON FLUX  ODOC  DUO FLUX  NO  NO FLUX
Frac  C      kg/h      ng-C/n2-h  kg/h      ng-C/n2-h  kg/h      ng-C/n2-h  kg/h  ng/n2-h
1   .10  10.97      .00      .000      .00      .003      .00      .002      .00      .004
2   .10  10.27      .00      .000      .00      .003      .00      .002      .00      .004
3   .10  9.62       .00      .000      .00      .003      .00      .002      .00      .004
4   .10  8.83       .00      .000      .00      .003      .00      .002      .00      .004
5   .10  8.23       .00      .000      .00      .002      .00      .001      .00      .003
6   .10  7.68       .00      .000      .00      .002      .00      .001      .00      .003
7   .10  6.86       .00      .000      .00      .002      .00      .001      .00      .003
8   .10  6.79       .00      .000      .00      .002      .00      .001      .00      .003
9   .10  6.41       .00      .000      .00      .002      .00      .001      .00      .004
10  .10  11.49      .00      .001      .00      .003      .00      .002      .00      .004
11  .10  14.47      .00      .001      .00      .004      .00      .003      .00      .005
12  .10  17.46      .00      .001      .01      .006      .00      .003      .00      .006
13  .10  19.47      .00      .002      .01      .007      .00      .004      .01      .006
14  .10  21.91      .00      .002      .01      .008      .00      .005      .01      .007
15  .10  21.71      .00      .002      .01      .008      .00      .005      .01      .007
16  .10  22.32      .00      .003      .01      .009      .00      .005      .01      .007
17  .10  22.26      .00      .002      .01      .008      .00      .005      .01      .007
18  .10  21.33      .00      .001      .01      .008      .00      .005      .01      .007
19  .10  18.82      .00      .000      .01      .006      .00      .004      .00      .006
20  .10  17.22      .00      .000      .01      .005      .00      .003      .00      .006
21  .10  16.07      .00      .000      .00      .005      .00      .003      .00      .005
22  .10  14.69      .00      .000      .00      .004      .00      .003      .00      .005
23  .10  13.82      .00      .000      .00      .004      .00      .002      .00      .005
24  .10  12.83      .00      .000      .00      .004      .00      .002      .00      .004
    
```

Nota: Los archivos de entrada para realizar el cálculo al que se hace referencia, se encuentran disponibles en formato magnético en el área responsable de la elaboración de este inventario.

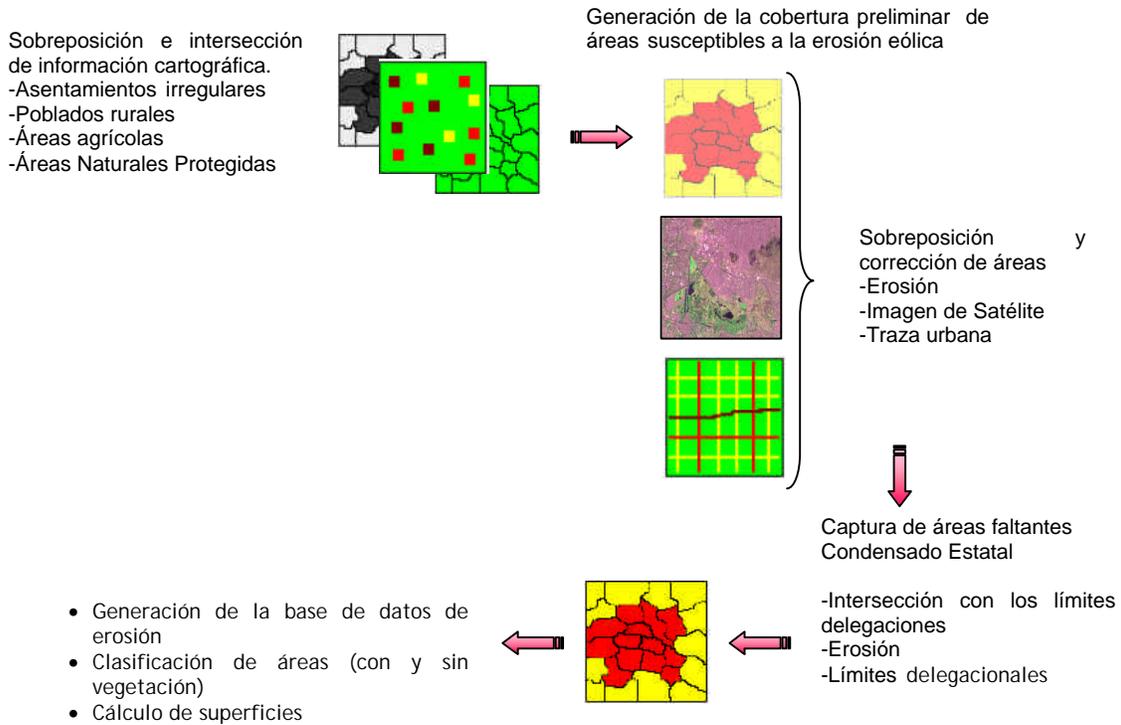
A.4.2 Emisiones de partículas producto de la erosión eólica.

El cálculo de estas emisiones, se realizó con la ayuda del sistema de información geográfica (ArcView), generándose como principal insumo una cobertura digital de las zonas susceptibles a la erosión eólica, donde se cruzaron las áreas agrícolas de temporal y de cultivos permanentes del Inventario Nacional Forestal 2000, en este ejercicio se asumió que las áreas agrícolas de temporal permanecen sin cubierta vegetal la mayor parte del año y son fácilmente susceptibles a la erosión eólica, las áreas de cultivos permanentes se consideraron como suelos con cubierta vegetal, ya que todo el año presentan algún tipo de vegetación, así mismo se tomaron en cuenta los pastizales, matorrales y la vegetación halófila del área de estudio (Figura A.4.5).

Para el caso del Distrito Federal, se agregaron las áreas naturales protegidas, superficies consideradas con suelo con cubierta vegetal, se contabilizaron los asentamientos irregulares y poblados considerados rurales, asumiendo que dichas áreas permanecen sin vegetación.

Finalmente se llevó a cabo la sobreposición de la cobertura preliminar de erosión, con una imagen de satélite LANDSAT TM, de 5 bandas del año 2000, con resolución de 30 m, la cual fue proporcionada por SEMARNAT y la traza urbana de la SETRAVI 2000, lo anterior con la finalidad de realizar correcciones a las áreas de erosión, así mismo, se agregaron algunos parques urbanos de importancia, tomados de la carta “Condensado Estatal” (INEGI, 2000, escala 1:80,000) del Distrito Federal.

Figura A.4.5 Procedimiento de elaboración de la cobertura de zonas susceptibles de erosión eólica



La cobertura digital de zonas susceptibles a la erosión eólica, fue dividida en tres regiones, esto con la finalidad de obtener condiciones meteorológicas específicas para cada una de ellas. Las delegaciones y municipios considerados en cada región se muestran en la siguiente tabla:

Tabla A.4.7 Regiones para el cálculo de emisiones por erosión

Región 1	Región 2	Región 3
Atizapán de Zaragoza	Acolman	Álvaro Obregón
Azcapotzalco	Atenco	Cuajimalpa de Morelos
Cuautitlán	Coacalco de Berriozabal	Iztapalapa
Cuautitlán Izcalli	Chalco	La Magdalena Contreras
Gustavo A. Madero	Chicoloapan	Milpa Alta
Huixquilucan	Chimalhuacán	Tláhuac
Miguel Hidalgo	Ecatepec	Tlalpan
Naucalpan de Juárez	Ixtapaluca	Xochimilco
Nicolás Romero	La Paz	
Tlalnepantla de Baz	Nezahualcóyotl	
Tultitlán	Tecamac	
Venustiano Carranza	Texcoco	
	Valle de Chalco	

El cálculo de las emisiones de PM₁₀ generadas por la erosión, fueron realizadas con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México, que contempla una versión modificada de la ecuación erosionabilidad del suelo, desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) (EPA, 1997 en Radian International, 1997). En lo que se refiere a las PM_{2.5}, se estimaron con base en el perfil de especiación de material particulado propuesto por CEIDARS⁴, donde se considera que las PM_{2.5} representan aproximadamente el 11% de las partículas totales (PST).

Ecuación modificada de Erosionabilidad del Suelo:

$$E = (FS) I C K L' V'$$

Donde:

E = Factor de emisión de partículas suspendidas en [ton/acre/año]

FS = Fracción de las pérdidas totales por erosión del viento medidas como partículas suspendidas, este dato es 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

Para el factor FS, se tomó el 2.5% considerado que éste es para las regiones agrícolas y 3.8% para caminos sin pavimentar y otras áreas, así mismo, de la cantidad de pérdida de suelo que se suspende aproximadamente el 50% son PM₁₀.

Los suelos dominantes en la ZMVM son: Litosol, Andosol, Regosol, Vertisol, Feozem y Solonchac, dichos tipos de suelo presentan en general una textura de media a gruesa, en su mayor proporción arena (50 % aproximadamente) y en menor cantidad limo y arcilla.

Debido a que en el Valle de México existen diferentes tipos de suelo, para la obtención del factor I de erosionabilidad del suelo, se consideraron los más predominantes, Esto se realizó con base en los tipos de suelo que menciona la CORENADER⁵, así como el estudio "Bases para el Manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México"⁶. Con base en los factores de erosionabilidad del suelo para este tipo de suelo el valor del factor I es de 56 toneladas/acre/año.

El factor climático C, se calculó con la siguiente ecuación tomando en cuenta la velocidad del viento y de la humedad del suelo, es importante resaltar que la tasa de movimiento del suelo, varía directamente con la velocidad del viento e inversamente con la humedad de la superficie:

$$C = \frac{(0.345) V^3}{[115 \sum_{i=1}^{12} (Pm_i/Tm_i - 10)^{10/9}]^2}$$

⁴ California Emission Inventory And Reporting System (CEIDARS)

⁵ Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural

⁶ GDF-Universidad de Chapingo 2000.

Donde:

V = velocidad promedio del viento, corregido a 10 metros, en millas por hora.

Pm = precipitación mensual, en pulgadas

Tm = temperatura promedio mensual, en grados Fahrenheit.

Los datos de temperatura y viento por región, fueron tomados de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) y los valores de precipitación fueron proporcionados por la Dirección General Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH). Para la Región 1 se utilizó la estación de Tlalnepantla, para la Región 2 la de Xalostoc y para la Región 3 se tomó el promedio de Pedregal y Cerro de la Estrella; en lo que se refiere a la precipitación, se trabajo la base de datos del año 2000, obteniéndose un promedio de las estaciones por región. Los valores utilizados se muestran a continuación:

Tabla A.4.8 Datos meteorológicos ZMVM, 2000

Mes	Región 1		Región 2		Región 3	
	T [°F]	P [pulg]	T [°F]	P [pulg]	T [°F]	P [pulg]
Enero	57.25	0.00	57.38	0.00	56.27	0.00
Febrero	60.33	0.03	60.14	0.03	59.55	0.01
Marzo	62.65	0.45	64.32	0.45	62.83	0.27
Abril	63.20	0.18	66.37	0.18	65.61	0.29
Mayo	63.34	3.15	63.76	3.15	64.77	4.13
Junio	60.47	7.22	63.34	7.22	63.07	6.77
Julio	60.92	3.69	63.76	3.69	63.18	4.29
Agosto	59.20	5.03	62.57	5.03	61.66	6.12
Septiembre	59.97	2.41	63.33	2.41	62.57	4.31
Octubre	58.66	1.68	61.87	1.68	60.94	2.05
Noviembre	58.75	0.39	62.48	0.39	60.92	0.46
Diciembre	53.40	0.07	55.78	0.07	54.88	0.06

[T] Temperatura, [P] Precipitación

El factor de rugosidad del suelo (K), está dado por la reducción en la erosión eólica a causa de la presencia de cerros, lomas, canales, surcos, entre los principales. Cuando la presencia de estos factores es mínima, se estima un valor de rugosidad de 1, para el caso de las áreas agrícolas y debido a que el cultivo predominante en la zona es el maíz, se utilizó un valor de 0.6.

El factor de amplitud de campo sin protección (L') se fundamenta en el producto de los factores de erosionabilidad (I) y rugosidad (K). Con base en la tabla de valores respectiva (USEPA, 1997) se determina la amplitud de campo (L), tomando como referencia las curvas de efecto de la longitud de campo sobre la tasa de emisión relativa. Se tomó un valor de 0.76 para las áreas de cultivos y de 0.32 para áreas con un uso diferente al agrícola (USEPA, 1997; Nívar y Treviño 1997⁷).

El factor V' es la fracción anual de pérdida de suelo debida a que el campo tiene una cubierta vegetal, en el presente cálculo se hicieron dos suposiciones, considerando $V' = 1$ cuando el suelo no tiene cobertura vegetal y $V' = 0.5$ si existe cobertura vegetal.

⁷ Navar y Treviño, 1997. Estimación del Tonelaje de partículas de Suelo que Potencialmente Contribuye a la Contaminación del Aire en el Área de Monterrey, México.

Con base en lo anterior, en la Tabla A.4.9 se muestran los valores de las variables utilizadas para el cálculo de las emisiones de PM₁₀ por región:

Tabla A.4.9 Valores del cálculo de emisión de partículas por región

Parámetro		Región		
		1	2	3
Fracción de partículas suspendidas 2.5% (agrícola)	FS	2.5%	2.5%	2.5%
Fracción de partículas suspendidas 3.8% (otros)	FS	3.8%	3.8%	3.8%
Erosionabilidad (ton/acre/año)	I	56	56	56
Factor climático	C	0.014	0.0190	0.0009
Factor de rugosidad (agrícola)	K	0.6	0.6	0.6
Factor de rugosidad (otros)	K	1	1	1
Factor amplitud del campo sin protección (agrícola)	L'	0.76	0.76	.76
Factor amplitud del campo sin protección (otros)	L'	0.32	0.32	0.32
Factor de cobertura vegetal (sin veg.)	V'S	1	1	1
Factor de cobertura vegetal (con veg.)	V'C	0.5	0.5	0.5
Velocidad de viento (millas/hora)	V	4.17	4.47	1.86

Nota: 1 ha = 2.5 acres

Nota: Los archivos del cálculo se encuentran disponibles en formato magnético en el área responsable de la elaboración de este inventario.

**B. ANEXO “EVOLUCIÓN DE LOS
INVENTARIOS DE EMISIONES 1994, 1996 y
1998”.**

B.1 Generalidades

El presente recálculo compara los valores del inventario de emisiones 2000, con los correspondientes a los años 1994, 1996 y 1998, con la finalidad de determinar la tendencia de emisiones de los contaminantes criterio emitidos en la Zona Metropolitana del Valle de México, homologando los métodos y técnicas de estimación con la metodología que se empleó en el desarrollo del presente inventario.

Los nuevos cálculos y sus correspondientes ajustes, se realizaron con la misma metodología del año 2000 (ver el anexo A), dado que para algunas fuentes de emisión no se contó con información para los años recalculados, en las tablas resumen se conservó el valor de emisión del 2000.

Antes de iniciar con los cálculos y utilizando las mismas fuentes de información referidas en el inventario de 2000, se presentan algunos valores 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 15.5 millones de habitantes en 1994, 16.2 millones de en 1996 y más de 16.4 para 1998, la Tabla B.1.1 muestra el comportamiento poblacional por entidad federativa.

Tabla B.1.1 Población por entidad federativa 1994, 1996, 1998

Distrito Federal	1994	1996	1998	Estado de México	1994	1996	1998
Azcapotzalco	461,536	452,702	447,882	Atizapán de Zaragoza	388,989	433,602	446,185
Coyoacán	650,369	651,267	646,845	Coacalco de Berriozábal	186,978	211,141	224,695
Cuajimalpa	131,577	139,038	143,470	Cuautitlán	54,564	59,701	64,644
Gustavo A. Madero	1,257,954	1,253,290	1,246,074	Cuautitlán Izcalli	386,681	423,122	434,287
Iztacalco	427,187	417,681	415,092	Chalco	149,163	181,218	193,174
Iztapalapa	1,632,429	1,708,845	1,733,581	Valle de Chalco Solidaridad	255,797	292,455	303,525
Magdalena Contreras	207,009	213,513	216,779	Chicoloapan	66,782	72,306	74,254
Milpa Alta	75,329	83,291	87,847	Chimalhuacán	347,099	423,034	445,966
Álvaro Obregón	666,206	678,587	681,913	Ecatepec de Morelos	1,381,701	1,481,904	1,532,735
Tláhuac	239,955	262,497	276,224	Huixquilucan	156,123	171,880	179,438
Tlalpan	531,036	557,148	566,529	Ixtapaluca	161,630	199,241	224,519
Xochimilco	312,356	337,927	349,438	Naucalpan de Juárez	824,990	842,818	849,041
Benito Juárez	380,779	368,335	365,114	Nezahualcóyotl	1,241,109	1,232,544	1,229,899
Cuauhtémoc	556,456	536,173	527,853	Nicolás Romero	219,583	241,825	251,637
Miguel Hidalgo	375,282	362,373	358,357	La Paz	163,038	183,316	193,261
Venustiano Carranza	495,131	481,633	473,750	Tecámac	140,306	151,922	159,151
				Tlalnepantla de Baz	711,279	714,506	717,239
				Tultitlán	320,655	371,290	391,817

Distrito Federal	8,400,593	8,504,297	8,536,749
Estado de México	7,156,470	7,687,825	7,915,464
ZMM	15,557,063	16,192,122	16,452,213

Fuente: Elaborada con datos de INEGI, XI Censo General de Población y Vivienda 1990; INEGI, Censo de Población y Vivienda 1995; INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; CONAPO, 2001. La Situación Demográfica de México 2000/Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010

Consumo de combustibles

De acuerdo con las cifras reportadas por Petróleos Mexicanos (PEMEX), en la Tabla B.1.2 se presentan los consumos de los combustibles para la Zona Metropolitana del Valle de México de los años 1994, 1996, 1998.

Tabla B.1.2 Consumo de combustibles en la ZMVM 1994, 1996, 1998

Combustible	[Miles de barriles por año]		
	1994	1996	1998
Nova	25,523	19,173	-
Pemex Premium	-	32	2,548
Pemex magna	16,427	20,168	38,138
Diáfano	184	149	19
Gasóleo industrial	1,977	1,945	2,367
Diesel industrial	2,187	1,744	-
Diesel industrial bajo en azufre	-	6	1,557
Pemex diesel	9,177	9,216	10,113
Gas natural [millones de pies cúbicos]	163,553	153,190	172,879
Gas LP	22,662	22,770	23,171

Fuente: PEMEX, Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación

B.2 Recálculo de las Fuentes Puntuales

La actividad industrial se dividió en subsectores productivos con base en la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP), se calcularon principalmente las emisiones generadas por combustión; donde los factores determinantes son la capacidad de los equipos de combustión, los tipos de combustibles y los factores de emisión empleados, los cuales, son los mismos que se utilizaron en el inventario de emisiones 2000.

De la base de datos de la industria "Datgen 1998" se eliminaron las industrias que iniciaron operación a partir de 1995 para conformar la base con el número de industrias y emisiones de 1994, para el año 1996 se eliminaron las industrias que iniciaron operación a partir de 1997. Se partió de la Base de 1998 por ser la que cuenta con información más cercana a las actividades de 1994 y 1996.

Para el cálculo de las emisiones del sector de generación de energía eléctrica, se utilizaron factores de emisión sin control para calderas mayores a 3,000 C.C.

En la Tabla B.2.1, se presentan los consumos de los combustibles industriales para la Zona Metropolitana del Valle de México, así como su respectivo contenido de azufre para los años 1994, 1996 y 1998.

Tabla B.2.1 Consumo de combustibles de fuentes puntuales 1994, 1996 y 1998

Combustible	1994		1996		1998		2000	
	[m ³]	%S						
Diáfano	29,324	2.0	23,704	2.0	-	-	-	-
Gasóleo Domestico ^a	-	-	-	-	3,075	2.0	318	2.0
Gasóleo industrial	314,357	2.0	309,247	2.0	-	-	-	-
Combustible industrial ^a	-	-	-	-	376,412	0.5	132,207	0.5
Diesel especial	-	-	-	-	-	-	-	-
Diesel industrial	347,790	0.5	277,356	0.44	-	-	-	-
Diesel industrial bajo en azufre ^a	-	-	1,019	0.44	247,633	0.5	338,511	0.5
Diesel Nacional	-	-	-	-	-	-	-	-
Gas natural *	3,519,580,000	7.87 ⁻⁴	3,521,570,000	7.87 ⁻⁴	3,517,310,000	7.87 ⁻⁴	3,779,070,000	7.87 ⁻⁴
Gas LP *	754,319	9.45 ⁻⁶	758,083	9.45 ⁻⁶	772,114	9.45 ⁻⁶	764,480	9.45 ⁻⁶
Combustóleo Pesado**	30,900	4.0	30,900	3.6	30,900	2.0	30,900	2.0
Combustóleo Ligerio**	29,468	4.0	31,028	3.6	31,028	2.0	31,028	2.0

Fuente: PEMEX, Gas y Petroquímica Básica/ PEMEX Refinación

a Para las industrias actualizadas de jurisdicción local del D.F., se utilizó un contenido de azufre de 0.08% en combustible industrial y 0.04% en diesel y gasóleo doméstico, combustibles distribuidos por PEMEX en la ZMVM en el año 2000. Fuente: Oficio PXR-SC-ASC-104/01 de la Subdirección Comercial PEMEX REFINACIÓN, 19 de septiembre de 2001.

* Los porcentajes del contenido de azufre en el Gas LP y el Gas Natural, se obtuvieron de acuerdo a los factores de emisión para la estimación de SO₂ utilizados en los cálculos de los inventarios de emisiones para cada año, según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

** Datos tomados de las bases para el inventario de emisiones correspondiente a cada año. (PEMEX no reporta ventas de combustóleo)

Con los consumos de combustibles reportados y las características de los mismos, se calcularon las emisiones por combustión para cada año de acuerdo al tipo de combustible y el factor de emisión correspondiente¹.

De la base de datos del año 2000 se obtuvo la distribución por subsector de las industrias que consumen combustibles por tipo y cantidad, esta distribución se aplica a las emisiones calculadas por combustión de los años 1994, 1996 y 1998, para obtener las emisiones por subsector²; de estas bases (1994, 1996 y 1998) se obtuvieron las emisiones totales, las cuales se separaron para conocer el aporte de emisiones por combustión y proceso.

Del inventario 2000 se separaron las emisiones por combustión y proceso, la emisión por proceso productivo se distribuyó con la finalidad de determinar las emisiones generadas en cada subsector y relacionarlas con las emisiones por combustión; esta distribución se aplicó en las emisiones por combustión de 1994, 1996 y 1998.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación en las siguientes tablas:

¹ Base de datos "recalc. 94, 96 y 98.xls", Unidad Departamental de Fuentes Fijas.

² Archivo "Recálculo por combustibles.xls", Unidad Departamental de Fuentes Fijas.

Tabla B.2.2 Inventario de emisiones de fuentes puntuales en la ZMVM, 1994

Subsector	Industrias	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	440	370	2,305	471	2,242	1,352	1,324
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	368	354	3,785	222	1,027	599	593
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles	169	132	207	71	112	995	880
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	508	165	3,353	553	3,274	5,583	5,552
Sustancia químicas, productos derivados del petróleo, de hule y de plástico	1,083	399	5,034	2,868	4,005	7,346	7,034
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	185	260	872	695	2,675	241	182
Industrias metálicas básicas	199	520	638	812	1,087	424	416
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,124	378	804	1,200	829	3,607	3,596
Otras industrias manufactureras	222	62	303	50	48	432	400
Generación de energía eléctrica	5	204	16	1,540	12,219	264	132
Total	4,303	2,844	17,317	8,482	27,518	20,843	20,109

Tabla B.2.3 Inventario de emisiones de fuentes puntuales en la ZMVM, 1996

Subsector	Industrias	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	443	373	2,113	471	2,216	1,357	1,329
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	371	356	3,528	222	1,003	602	595
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles	170	133	194	72	111	998	883
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	511	164	3,243	554	3,264	5,604	5,572
Sustancia químicas, productos derivados del petróleo, de hule y de plástico	1,092	402	4,503	2,871	3,926	7,373	7,060
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	187	261	781	696	2,667	242	183
Industrias metálicas básicas	200	526	602	812	1,085	425	418
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,133	381	721	1,201	826	3,620	3,609
Otras industrias manufactureras	224	61	280	50	47	434	401
Generación de energía eléctrica	5	202	16	1,542	12,222	265	133
Total	4,336	2,859	15,981	8,491	27,367	20,920	20,183

Tabla B.2.4 Inventario de emisiones de fuentes puntuales en la ZMVM, 1998

Subsector	Industrias	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	446	375	1,218	471	2,247	1,361	1,332
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	373	358	2,430	222	993	603	597
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles	171	134	263	72	108	1,001	886
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	515	167	1,969	554	3,097	5,620	5,588
Sustancia químicas, productos derivados del petróleo, de hule y de plástico	1,099	403	2,560	2,873	4,119	7,394	7,080
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	188	263	843	697	2,692	243	183
Industrias metálicas básicas	202	527	675	813	1,070	426	419
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,140	383	1,069	1,202	844	3,630	3,620
Otras industrias manufactureras	225	61	251	50	48	435	403
Generación de energía eléctrica	5	202	17	1,543	12,223	266	133
Total	4,365	2,873	11,295	8,497	27,441	20,979	20,241

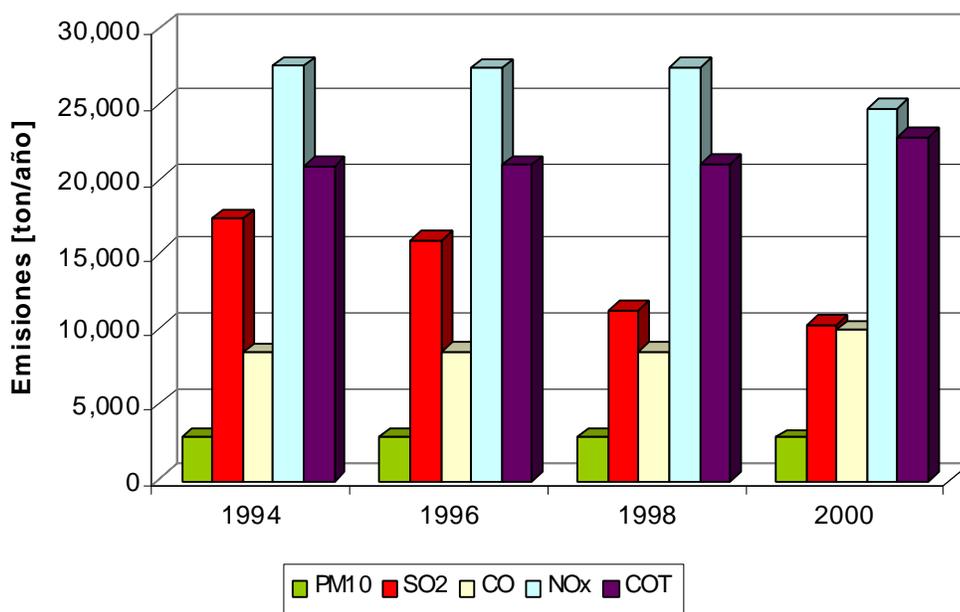
Una de las labores importantes a realizar para entender el comportamiento de las emisiones, es el análisis por sector para cada inventario, las emisiones PM₁₀ se han mantenido prácticamente constantes, disminuyendo tan sólo en un 1.2%, en lo que se refiere a los óxidos de azufre se reducen aproximadamente un 41%, esto debido a la disminución del contenido de azufre en los combustibles y a la reconversión de combustibles líquidos por gaseosos dentro del sector industrial. En cuanto a las emisiones de monóxido de carbono, se observa un incremento del 18% respecto a los años anteriores lo cual se atribuye al aumento en la demanda de combustible.

Las emisiones de óxidos de nitrógeno han disminuido un 10% debido a la instalación de nuevas tecnologías de control en algunos sectores industriales, por último, las emisiones de compuestos orgánicos han aumentado en un 9%, lo que indica que las medidas gubernamentales deben dirigirse hacia este contaminante.

Tabla B.2.5 Comportamiento de las emisiones en fuentes puntuales

Contaminante	Emisiones [ton/año]		
	1994	1996	1998
PM ₁₀	2,844	2,859	2,873
SO ₂	17,317	15,981	11,295
CO	8,482	8,491	8,497
NOx	27,518	27,367	27,441
COT	20,843	20,920	20,979
COV	20,109	20,183	20,241

Gráfica B.2.1 Comportamiento porcentual de las emisiones en fuentes puntuales



Como se puede observar, las emisiones de PM₁₀ en el sector industrial, se han mantenido constantes en los últimos años, lográndose reducciones en algunos contaminantes como son, los NO_x y el SO₂, incrementándose en cambio, las emisiones de COT y CO.

B.3 Recálculo de las Fuentes de Área

Con la metodología y factores de emisión establecidos en el inventario de emisiones 2000, como lo muestra la memoria de cálculo para fuentes de área, se estimaron las emisiones de los años en cuestión.

Combustión en fuentes estacionarias (comercial/institucional, residencial e industrial)

En el recálculo de emisiones para fuentes de combustión estacionaria, se ha considerado el volumen de gas Natural y gas LP suministrado a la Zona Metropolitana del Valle de México, reportado por PEMEX Refinación Gas y Petroquímica Básica para los años correspondientes al recálculo. Por otra parte, con información de la Secretaría de Energía se determinó el nivel máximo de distribución porcentual por sector en la zona centro del país. En todo momento se consideró el contenido de azufre en los combustibles para ajustar el factor de emisión reportado por la EPA.

Los resultados obtenidos son comparados con el análisis realizado a las cédulas de operación anual en el caso de la combustión industrial, con la cual se determina un insumo de industrias no registradas y que se clasificaron como “*otras industrias*”;

Para el sector transporte se consideró los insumos reportados por la unidad departamental de fuentes móviles y por diferencia del total se obtuvo el consumo de combustibles para uso residencial, el cual considera las fugas de gas LP, la distribución de combustibles para este sector se muestra a continuación:

Tabla B.3.1 Distribución de combustibles [m³/año]

Entidad federativa	Año	Comercial/Institucional	Industrial	Residencial	
		(Gas LP)	(Gas Natural)	(Gas LP)	(Gas Natural)
Distrito Federal	1994	252,926	154,645,282	1,210,903	96,085,385
	1996	285,202	111,108,800	1,142,979	90,940,181
	1998	324,958	195,649,227	1,033,528	78,326,391
Estado de México	1994	1,033,738	880,225,537	1,033,738	-
	1996	1,034,836	632,420,219	1,034,836	-
	1998	959,713	1,113,615,907	959,713	-
ZMVM	1994	468,394	1,034,870,819	2,244,641	96,085,385
	1996	543,022	743,529,019	2,177,814	90,940,181
	1998	626,267	1,309,265,134	1,993,241	78,326,391

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica / Secretaría de Energía / Cédula de Operación Anual del sector industrial con referencia a los años 1994, 1996, 1998.

Las tablas siguientes contienen las emisiones obtenidas por sector y por entidad federativa.

Tabla B.3.2 Emisiones por combustión de fuentes estacionarias Distrito Federal, 1994-1998

Actividad	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Combustión industrial	1994	19	1 208	247	27	14	
	1996	14	1 149	178	20	10	
	1998	24	2 263	313	34	17	
Combustión comercial - institucional	1994	13	N/S	60	437	16	11
	1996	15	N/S	68	493	19	12
	1998	17	N/S	77	562	21	14
Combustión habitacional	1994	82	1 350	2,237	96	60	
	1996	77	1 330	2,112	91	56	
	1998	69	1 296	1,904	81	50	

Tabla B.3.3 Emisiones por combustión de fuentes estacionarias Estado de México, 1994-1998

Actividad	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Combustión industrial	1994	107	8	1,183	1,408	155	77
	1996	77	6	850	1,012	111	56
	1998	135	11	1,497	1,782	196	98
Combustión comercial - institucional	1994	11	N/S	51	372	14	9
	1996	14	N/S	61	446	17	11
	1998	16	N/S	72	521	20	13
Combustión habitacional	1994	55	N/S	246	1,786	67	43
	1996	55	N/S	246	1,788	67	43
	1998	51	N/S	228	1,658	63	40

Fuentes móviles que no circulan por carretera.***Locomotoras foráneas y de patio***

La variable principal de esta actividad es el consumo de diesel como carburante en las locomotoras de servicio foráneo y de patio, su estimación se realiza con la longitud de las vías férreas en operación por delegación y municipio; en el caso de las locomotoras foráneas se debe considerar también el itinerario de operaciones por tipo de locomotora, destino y número de viajes por semana, esto con el fin de estimar los kilómetros recorridos, que conjuntamente con el factor de rendimiento del diesel de 3.1 lt/km, se estima el volumen de combustible quemado en el área del inventario.

Para el caso de las locomotoras de patio se considera el número de locomotoras y el tiempo de operación, además del factor de rendimiento de 146.1 lt/hr de operación, la información fue proporcionada por la Subdirección de transporte de Ferrocarril y Terminal Valle de México, S.A. de C.V.; con los argumentos anteriores se estimó el consumo de diesel y emisiones reportadas en las tablas siguientes:

Tabla B.3.4 Emisiones de locomotoras foráneas por entidad federativa 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Diesel [lts/año]	Emisiones [ton/año]					
			PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	429,634	0.6	0.3	3.2	25.4	1.1	1.0
	1996	365,918	0.5	0.2	2.7	21.6	0.9	0.9
	1998	363,239	0.5	0.2	2.7	21.5	0.9	0.9
Estado de México	1994	2,054,658	2.9	1.4	15.4	121.4	5.1	5.0
	1996	1,794,975	2.5	1.2	13.5	106.1	4.5	4.4
	1998	1,769,072	2.5	1.2	13.3	104.6	4.4	4.3
ZMVM	1994	2,484,292	3.5	1.7	18.6	146.8	6.2	6.0
	1996	2,160,893	3.0	1.4	16.2	127.7	5.4	5.3
	1998	2,132,311	3.0	1.4	16.0	126.0	5.3	5.2

Fuente: Elaborada con datos de la Terminal Ferroviaria del Valle de México, 1994, 1996, 1998.

Tabla B.3.5 Emisiones de locomotoras de patio por entidad federativa 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Diesel [lts/año]	Emisiones [ton/año]					
			PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	32,062,522	45	21	240	1,895	80	78
	1996	21,837,859	31	15	164	1,291	55	53
	1998	15,021,418	21	10	113	888	38	37
Estado de México	1994	24,425,582	34	16	183	1,444	61	59
	1996	23,668,200	33	16	178	1,399	59	58
	1998	19,755,058	28	13	148	1,168	49	48
ZMVM	1994	56,488,104	79	37	424	3,338	141	137
	1996	45,506,059	64	31	341	2,689	114	110
	1998	34,776,475	49	23	261	2,055	87	85

Fuente: Elaborada con datos de la Terminal Ferroviaria del Valle de México, 1994, 1996, 1998.

Operación de aeronaves

En el recálculo de las emisiones 1994, 1996 y 1998, se estimaron los tiempos en modo de operación que realiza cada una de las aeronaves reportadas por el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, la

Tabla B.3.6 muestra las emisiones obtenidas con la aplicación del programa FAEDD (ver memoria de cálculo 2000).

Tabla B.3.6. Emisiones por operaciones de aeronaves 1994-1998

Año	Operaciones de vuelo	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
1994	111,358	12	N/S	2,309	1,464	326	313
1996	115,323	12	N/S	2,419	1,504	374	359
1998	94,688	10	N/S	1,964	1,833	491	472

Fuente: Elaborada con datos del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, 1994, 1996, 1998.

Uso de solventes

El recálculo de estimación de emisiones para este sector tiene como variable principal el número de habitantes, considerando la tendencia de crecimiento/decremento con base en el *XII Censo de Población y Vivienda 2000* (INEGI, 2002), como en todos los casos del recálculo, se mantiene la metodología y factores de emisión propuestos en el inventario del año 2000.

Tabla B.3.7 Emisiones por recubrimiento de superficies industriales 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	10,753	10,624
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	10,886	10,755
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	10,927	10,796
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	9,160	9,050
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	9,840	9,722
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	10,132	10,010

Tabla B.3.8 Emisiones por pintura automotriz 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	1,176	1,162
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	1,191	1,176
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	1,195	1,181
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	1,002	990
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	1,076	1,063
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	1,108	1,095

Tabla B.3.9 Emisiones por recubrimiento de superficies arquitectónicas 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	11,425	9,947
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	11,566	10,070
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	11,610	10,108
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	9,733	8,474
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	10,455	9,103
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	10,765	9,373

Tabla B.3.10 Emisiones por pintura en tránsito 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	336	332
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	340	336
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	341	337
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	286	283
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	308	304
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	317	313

Tabla B.3.11 Emisiones en limpieza de superficies industriales 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	15,121	9,073
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	15,308	9,185
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	15,366	9,220
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	12,882	7,729
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	13,838	8,303
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	14,248	8,549

Tabla B.3.12 Emisiones por el servicio de lavado en seco 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	5,046	2,927
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	5,109	2,963
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	5,128	2,974
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	4,299	2,493
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	4,618	2,678
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	4,755	2,758

Tabla B.3.13 Emisiones en artes gráficas 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	3,360	3,360
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	3,402	3,402
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	3,415	3,415
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	2,863	2,863
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	3,075	3,075
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	3,166	3,166

Tabla B.3.14 Emisiones por el uso comercial y doméstico de solventes 1994-1998

Entidad Federativa	Año	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Distrito Federal	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	38,450	26,530
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	38,924	26,858
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	39,073	26,960
Estado de México	1994	N/A	N/A	N/A	N/A	32,755	22,601
	1996	N/A	N/A	N/A	N/A	35,187	24,279
	1998	N/A	N/A	N/A	N/A	36,229	24,998

Nota: considera las emisiones estimadas en productos en aerosol, domésticos, para el cuidado personal y automotriz, adhesivos y selladores, pesticidas comerciales y domésticos y productos domésticos varios.

Aplicación de asfalto

El recálculo de la emisión de contaminantes que provienen por la aplicación de mezcla asfáltica en la zona de estudio, requiere de la cantidad de mezcla asfáltica (Tabla B.3.15), la emisión de contaminantes se reporta en la Tabla B.3.16.

Tabla B.3.15 Distribución de mezcla asfáltica en el Distrito Federal [ton/año]

Clientes	1994	1996	1998
Delegación	275,334	221,054	225,563
Particular	108,245	45,008	396,685
Total	383,579	266,062	622,248

Fuente: Elaborada con datos de la Planta de Asfalto del Gobierno del Distrito Federal.

Tabla B.3.16 Emisiones de COT en el Distrito Federal [ton/año]

Clientes	1994	1996	1998
Delegación	62	50	51
Particular	24	10	90
Total	87	60	141

Una de las recomendaciones establecidas por The Eastern Resarch Group, INC. (ERG) durante la evaluación del inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México para el año de 1998 y además establecida en el Programa de Inventarios de Emisiones, indican que si la cantidad de asfalto aplicado está disponible para una parte de la región del inventario (en éste caso, para el DF), estos datos pueden ser utilizados como indicadores para estimar las emisiones del resto del inventario (Estado de México).

Tabla B.3.17 Indicadores de actividad y emisiones por aplicación de mezcla asfáltica en el Estado de México

Año	1994	1996	1998
Distribución de mezcla asfáltica en el D.F. y EdoMéx [ton/hab]	0.046	0.031	0.073
Distribución de mezcla asfáltica en el EdoMéx [ton]	326,771	240,518	576,963
Emisiones de COT estimadas en el EdoMéx [ton]	74	54	130

Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo

El recálculo de estimación de emisiones para este sector considera como variable principal la distribución de combustibles fósiles por actividad, como un caso especial se considera la eficiencia del sistema de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y su nivel de penetración.

Distribución y venta de gasolina

El recálculo de las emisiones evaporativas por distribución y venta de gasolina, requiere de conocer el volumen de gasolina distribuido en la ZMVM como variable principal, considerando los siguientes argumentos para el recálculo 1994, 1996 y 1998:

- Balance de distribución de gasolina, comparada con el suministro a la ZMVM y por estación de servicio para definir el consumo por entidad federativa por año a calcular.
- Eficiencia del Sistema de Recuperación de Vapores "SRV" promedio por año.
- Factor de penetración de actividad por uso de SRV durante los años en cuestión.
- Metodología de estimación y los factores de emisión que fueron corregidos a condiciones de la zona de estudio y estimados en la memoria de cálculo del inventario 2000.
- No se estiman las emisiones de hidrocarburos originadas por la distribución de diesel ya que este combustible tiene una presión de vapor muy baja y las emisiones generadas son no significativas.

Tabla B.3.18 Distribución de combustibles vehiculares y emisiones de estaciones de servicio 1994

Entidad Federativa	Distribución de combustibles [m ³ /año]					Emisiones de COT [ton/año]					
	Nova	Premium	Magna	Total	Diesel	E1	E2	E3	E4	E5	ET
Distrito Federal	2,431,940	-	1,747,282	4,179,222	329,010	27	4,375	502	4,512	334	9,750
Estado de México	1,386,858	-	707,745	2,094,603	394,402	14	2,193	251	2,261	168	4,886
ZMVM	3,818,798	-	2,455,027	6,273,825	723,412	41	6,567	753	6,773	502	14,636
Otros municipios	239,074	-	156,628	395,702	230,066	3	414	47	427	32	923
Total ZMVM	4,057,873	-	2,611,655	6,669,528	953,479	44	6,982	800	7,200	534	15,559

Fuente. Elaborada con datos de Pemex Refinación

Nota: En 1994 no contaban con sistema de recuperación de vapores ninguna de las estaciones de servicio:

E= Etapa (ver memoria de cálculo 2000)

Tabla B.3.19 Distribución de combustibles vehiculares y emisiones de estaciones de servicio 1996

Entidad Federativa	Distribución de combustibles [m ³ /año]					Emisiones de COT [ton/año]					
	Nova	Premium	Magna	Total	Diesel	E1	E2	E3	E4	E5	ET
Distrito Federal	1,836,812	3,050	2,070,497	3,910,359	322,441	26	3,935	451	4,058	301	8,770
Estado de México	990,208	960	905,131	1,896,299	386,527	12	1,908	219	1,968	146	4,253
ZMVM	2,827,020	4,010	2,975,628	5,806,658	708,968	38	5,843	670	6,026	447	13,023
Otros municipios	221,268	1,009	230,851	453,127	225,472	3	456	52	470	35	1,016
Total ZMVM	3,048,287	5,019	3,206,479	6,259,785	934,440	41	6,299	722	6,496	481	14,039

Fuente. Elaborada con datos de Pemex Refinación

Nota: En 1996, la eficiencia promedio del uso de sistemas de recuperación de vapores era del 90% y su factor de penetración de la medida era del 4.3%, datos obtenidos con información de la Subdirección de Verificación a Fuentes Fijas en Agua de la SMA-GDF/ Avances relevantes del programa de Recuperación de vapores Fase II.

E= Etapa (ver memoria de cálculo 2000)

Tabla B.3.20 Distribución de combustibles vehiculares y emisiones de estaciones de servicio 1998

Entidad Federativa	Distribución de combustibles [m ³ /año]					Emisiones de COT [ton/año]					
	Nova	Premium	Magna	Total	Diesel	E1	E2	E3	E4	E5	ET
Distrito Federal	-	278,796	3,674,256	3,953,052	353,843	26	1,047	120	1,080	80	2,352
Estado de México	-	103,722	2,019,567	2,123,289	424,171	14	562	64	580	43	1,264
ZMVM	-	382,518	5,693,823	6,076,341	778,014	40	1,609	184	1,660	123	3,616
Otros municipios	-	22,582	369,689	392,271	247,431	3	104	12	107	8	233
Total ZMVM	-	405,100	6,063,512	6,468,612	1,025,445	42	1,713	196	1,767	131	3,850

Fuente. Elaborada con datos de Pemex Refinación

Nota: En 1996, la eficiencia promedio del uso de sistemas de recuperación de vapores era del 90% y su factor de penetración de la medida era del 83%, datos obtenidos con información de la Subdirección de Verificación a Fuentes Fijas en Agua de la SMA-GDF/ Avances relevantes del programa de Recuperación de vapores Fase II.

E= Etapa (ver memoria de cálculo 2000)

Tabla B.3.21 Número de estaciones de servicio a gasolina y diesel ubicadas en la ZMVM

Entidad Federativa	Gasolina				Diesel			
	1994	1996	1998	2000	1994	1996	1998	2000
Distrito Federal	232	238	249	343	57	57	57	93
Estado de México	87	98	117	151	52	52	52	75
ZMVM	319	336	366	494	109	109	109	168
Otros municipios	33	42	42	75	31	31	31	36
Total ZMVM	352	378	408	569	140	140	140	204

Fuente: Elaborada con datos de Pemex Refinación, por estación de servicio en la ZMVM.

Almacenamiento y distribución de gas LP

La variable principal para el recálculo de emisiones en las Terminales de Almacenamiento y Distribución de gas LP (TAD), es la cantidad del hidrocarburo suministrado a la ZMVM que debió pasar por las TAD, para cumplir con el ciclo de distribución y descarga de semirremolques a tanques de almacenamiento, para la recarga de autotanques, recipientes portátiles, tanques estacionarios y a estaciones de servicio para carburación de gas LP.

La metodología de estimación y factores de emisión son los indicados en la memoria de cálculo del inventario de emisiones de la ZMVM 2000, cabe recordar que los factores de emisión están referidos al consumo de gas LP y que para los años 1994 y 1996 en la zona metropolitana no se registraban vehículos a gas LP; por lo tanto no se presentaron fugas por descarga de autotanques a estaciones de servicio.

Por otra parte, las estaciones de servicio para carburación iniciaron operaciones durante el periodo 1999-2000³, con por lo menos cuatro estaciones de servicio, dos en el Estado de México y otras dos en el Distrito Federal. Desde principios de 1990, el 81% del gas LP se distribuía en las terminales de almacenamiento del Estado de México y el resto a las terminales del Distrito Federal, con estos datos se obtuvieron factores de nivel de actividad por entidad federativa, con el objeto de estimar sus emisiones (Tabla B.3.23).

Tabla B.3.22 Distribución de gas LP ZMVM [ton/año]

1994	1996	1998
1,945,639	1,954,879	1,989,319

Fuente: Pemex Gas y Petroquímica Básica

Tabla B.3.23 Factores de ajuste del nivel de actividad por entidad federativa

Factor de ajuste de actividad espacial	Distrito Federal	Estado de México
Terminales de almacenamiento	0.19	0.81
Distribución a estaciones de servicio	0.50	0.50
Distribución a tanques estacionarios y recipientes portátiles	0.53	0.47

Fuente: Elaborada con datos de la Secretaría de Energía

Tabla B.3.24 Emisiones por distribución y almacenamiento de gas LP 1994-1998 [ton/año]

1994

Actividad	COT			COV		
	D.F	E.M.	ZMVM	D.F	E.M.	ZMVM
Plantas de distribución y almacenamiento	39	169	208	38	166	205
Descarga de semirremolques	50	216	266	49	212	262
Recarga de autotanques	83	360	443	82	354	436
Llenado de recipientes portátiles	95	410	505	93	404	497
Descarga en estaciones de servicio	0	0	0	0	0	0
Descarga a tanques estacionarios	236	209	445	232	206	438
Distribución y venta de cilindros	3,710	3,290	7,000	3,651	3,237	6,888
Total almacenamiento y distribución de gas LP	4,213	4,655	8,867	4,145	4,580	8,726

1996

Actividad	COT			COV		
	D.F	E.M.	ZMVM	D.F	E.M.	ZMVM
Plantas de distribución y almacenamiento	39	170	209	39	167	206
Descarga de semirremolques	50	217	267	49	213	263
Recarga de autotanques	83	362	445	82	356	438
Llenado de recipientes portátiles	95	412	507	94	406	499
Descarga en estaciones de servicio	0	0	0	0	0	0
Descarga a tanques estacionarios	237	210	447	233	207	440
Distribución y venta de cilindros	3,728	3,306	7,033	3,668	3,253	6,921
Total almacenamiento y distribución de gas LP	4,233	4,677	8,909	4,165	4,602	8,767

1998

Actividad	COT			COV		
	D.F	E.M.	ZMVM	D.F	E.M.	ZMVM
Plantas de distribución y almacenamiento	40	173	213	39	170	209
Descarga de semirremolques	51	221	272	50	217	267
Recarga de autotanques	85	368	453	84	362	446
Llenado de recipientes portátiles	97	419	516	95	413	508
Descarga en estaciones de servicio	260	260	520	256	256	512
Descarga a tanques estacionarios	241	214	455	237	211	448
Distribución y venta de cilindros	3,793	3,364	7,157	3,733	3,310	7,043
Total almacenamiento y distribución de gas LP	4,567	5,019	9,587	4,494	4,939	9,433

Fugas de gas LP en uso doméstico

La variable principal de emisión por fugas de gas LP en uso doméstico, es la cantidad de instalaciones domésticas a partir del tanque portátil y estacionario a estufas y calentadores, así como el número de accesorios por instalación y la población por entidad federativa.

Tabla B.3.25 Indicadores demográficos y factores de saturación ZMVM, 1994-1998

Año	1994	1996	1998
Viviendas*			
Distrito Federal	1,995,277	2,034,912	2,083,139
Estado de México	1,514,873	1,699,185	1,806,512
ZMVM	3,510,150	3,734,098	3,889,651
Factores de saturación**			
Total estufas a GLP	0.9696	0.9735	0.9709
Estufas con piloto	0.798	0.798	0.798
Estufas sin piloto (encendido con	0.095	0.095	0.095
Estufas con encendido electrónico	0.107	0.107	0.107
Calentadores a gas LP	0.6132	0.6170	0.6204
Factor de saturación de instalaciones a gas LP**			
Con tanque portátil.	0.808	0.808	0.808
Con tanque estacionario.	0.192	0.192	0.192
Viviendas con estufa a gas LP**			
Distrito Federal	1,934,718	1,981,011	2,022,542
Estado de México	1,468,894	1,654,177	1,753,962
ZMVM	3,403,612	3,635,189	3,776,504
Viviendas con tanque portátil**			
Distrito Federal	1,562,537	1,599,925	1,633,467
Estado de México	1,186,324	1,335,964	1,416,553
ZMVM	2,748,861	2,935,889	3,050,019
Viviendas con tanque estacionario a gas LP**			
Distrito Federal	372,181	381,086	389,076
Estado de México	282,571	318,213	337,409
ZMVM	654,751	699,300	726,484
Viviendas a gas LP con calentadores**			
Distrito Federal	1,223,408	1,255,572	1,292,405
Estado de México	928,848	1,048,423	1,120,782
ZMVM	2,152,256	2,303,996	2,413,187

Fuente: * Elaborada con datos de INEGI, XI Censo General de Población y Vivienda 1990; INEGI, Conteo de Población y Vivienda 1995; INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000; CONAPO/Escenarios demográficos y urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010.

**Elaborada con datos originales de las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos de los Hogares 1984, 1992, 1994, 1996 y 2000, con el objeto de determinar el factor de saturación de equipamiento y viviendas a gas LP 1994, 1996, 1998 y se considera que por lo menos cada vivienda equipada cuenta básicamente con una estufa y un calentador.

Tabla B.3.26 Emisiones de fugas de gas LP por uso doméstico 1994-1998 [ton/año]

Año	1994		1996		1998	
	DF	E.M.	DF	E.M.	DF	E.M.
Entidad federativa						
Fugas en instalaciones domésticas	8,906	6,762	9,120	7,615	9,311	8,074
Conexiones en instalaciones a tanque portátil	3,234	2,456	3,312	2,765	3,381	2,932
Picteles en instalaciones a tanque portátil	3,078	2,337	3,152	2,632	3,218	2,791
Reguladores en instalaciones a tanque portátil	1,703	1,293	1,744	1,456	1,780	1,544
Instalaciones a tanque portátil	47	36	48	40	49	43
Válvulas de paso en instalaciones a tanque portátil	38	29	39	32	40	34
Instalaciones a tanque estacionario	391	297	400	334	409	354
Reguladores en instalaciones a tanque estacionario	406	308	415	347	424	368
Válvulas de paso en instalaciones a tanque estacionario	9	7	9	8	9	8
Fugas por consumo doméstico	2,303	1,749	2,359	1,969	2,409	2,089
Estufa	234	178	240	200	245	212
Encendido de estufas	346	263	354	296	362	314
Pilotos apagados en estufas	1,575	1,196	1,612	1,346	1,646	1,428
Calentadores	148	112	152	127	156	136
Encendido de calentadores	0.19	0.15	0.20	0.16	0.20	0.18
Pilotos apagados en calentadores	0.19	0.15	0.20	0.16	0.20	0.18
Hidrocarburos no quemados "HCNQ"	13,337	10,126	13,663	11,408	13,973	12,118
Estufas	10,486	7,961	10,737	8,966	10,962	9,506
Calentadores	2,851	2,164	2,925	2,443	3,011	2,611
Total de fugas por uso doméstico	24,546	18,636	25,141	20,993	25,694	22,282

Fuentes industriales ligeras y comerciales

Panaderías

La variable que rige el sistema de emisión es el crecimiento poblacional en la zona de aplicación, con la cual se obtuvieron las emisiones correspondientes.

Tabla B.3.27 Emisiones por panaderías por entidad federativa 1994-1998 [ton/año]

Año	COT			COV		
	1994	1996	1998	1994	1996	1998
Estado de México	1,889	2,029	2,089	1,889	2,029	2,089
Distrito Federal	2,217	2,244	2,253	2,217	2,244	2,253
ZMVM	4,105	4,273	4,342	4,105	4,273	4,342

Esterilización en hospitales

La variable principal de la estimación de emisiones, es el número de camas por unidad hospitalaria, ya que los factores de emisión expresados en la memoria de cálculo requiere de conocer cuantas camas hay por unidad. La información indica que para el Distrito Federal en el año de 1994, existían 106 unidades médicas con 25,489 camas y que en conjunto emitían 19 toneladas de COT; la SSA⁴ para el año 2000 informa que existían 111 unidades hospitalarias con 22,733 camas, dichas unidades emiten un total de 18 toneladas de COT para el año 2000.

Con la información anterior se estimó un decremento anual en el número de camas del 1.8% y por lo tanto las emisiones estimadas se reducirían al mismo nivel, con estos datos, se considera que las emisiones de los años 1994 1996 y 1998 no varían significativamente.

⁴ Secretaria de Salud "SSA". Anuario estadístico 2000/ Recursos físicos, materiales y humanos y tipo de recursos por institución, Distrito Federal 2000. <http://www.ssa.gob.mx/apps/htdocs.septiembre.2002>.

Para el Estado de México, se encuentran ubicadas 9 unidades hospitalarias con un total de 1,707 camas, que generaron 1 tonelada de COT en el año 2000. Al no contar con más datos, se ha decidido mantener las emisiones del año 2000 durante el periodo 1994-2000.

Manejo de Residuos

Rellenos sanitarios

En esta actividad se mantiene la información del Inventario 2000, así como la metodología de estimación (modelo LANDFILL), el recálculo consiste en aplicar correctamente la definición de HCT, debido a que en inventarios anteriores se consideraba como HCT a los HCNM, mientras que la definición de HCT considera la suma de los CH₄ más HCNM.

Tabla B.3.28 Emisiones en rellenos sanitarios [ton/año]

Distrito Federal					Estado de México				
Año	CO ₂	CH ₄	HCNM	COT	Año	CO ₂	CH ₄	HCNM	COT
1994	72,010	26,240	1,128	27,368	1994	334,590	198,880	5,240	204,120
1996	65,160	23,750	1,021	24,771	1996	375,320	136,780	5,879	142,659
1998	58,950	21,490	923	22,413	1998	412,150	150,210	6,455	156,665

Tratamiento de aguas residuales

La variable principal del recálculo de emisiones, es el volumen de agua tratada y se considera el factor de emisión propuesto por la auditoría realizada al inventario de emisiones de 1998. La misma auditoría indica que si sólo se cuenta con datos de una parte del área de inventario, con la misma se deberá obtener un factor de emisión *per capita* y estimar las emisiones del resto del área del inventario, como es el caso del Estado de México para los años 1994, 1996 y 1998.

Tabla B.3.29 Indicadores y emisiones por tratamiento de aguas residuales 1994-1998

Año	Agua tratada [lt/año]	Emisiones de COT en el D.F. [ton/año]	Factor de emisión percapita [ton COT/hab]	Emisiones de COT en el EdoMéx [ton/año]
1994	76,006,846	988	0.000118	845
1996	74,881,576	973	0.000114	877
1998	82,823,153	1,077	0.000127	1,006

Fuente: Elaborada con datos de la Dirección General Construcción y Operación Hidráulica y Volumen de agua tratada por planta de tratamiento en el Distrito Federal 1990-2002.

Fuentes de área misceláneas

Incendio en estructuras

El recálculo de las emisiones de esta actividad para los años 1994, 1996 se mantiene como constante con las emisiones estimadas para el año 1998, dado que es el año más cercano.

B.4 Recálculo de Fuentes Móviles

Flota vehicular.

Para determinar la flota vehicular que circulaba en 1994, 1996 y 1998 se modificó la flota existente considerando los cambios que se registraron en algunas de las categorías evaluadas en el Inventario de Emisiones del año 2000; los resultados para el Distrito Federal, Estado de México y Zona Metropolitana del Valle de México se tienen en las siguientes tablas.

Tabla B.4.1 Evolución de la flota vehicular en el Distrito Federal

Distrito Federal [vehículos]				
ID	Tipo de vehículo	1994	1996	1998
AP	Autos particulares ⁵	1,171,027	1,299,887	1,546,595
TAX	Taxis ⁶	63,935	113,274	103,298
CO	Combis ⁶	6,524	19,406	3,944
MIC	Microbuses ⁶	39,472	23,247	22,931
PICK	Pick up's ⁵	55,895	61,701	73,248
V ≤ 3	Vehículos ≤ 3 ton ⁷	138,783	146,368	159,380
TRA	Tractocamiones ⁸	44,169	45,736	47,359
AUT	Autobuses ⁶	9,234	9,236	9,236
V > 3	Vehículos > 3 ton ⁵	28,580	28,580	28,580
MC	Motocicletas ⁷	29,021	43,315	72,280
CGLP	Camiones a gas L.P. ⁹	N/A	N/A	29,968
Totales		1,586,640	1,790,750	2,096,819

N/A No aplica

Tabla B.4.2 Evolución de la flota vehicular en el Estado de México

Estado de México [vehículos]				
ID	Tipo de vehículo	1994	1996	1998
AP	Autos particulares ¹⁰	679,152	719,899	795,136
TAX	Taxis ¹¹	5,218	5,531	6,109
CO	Combis ¹⁰	1,437	1,491	1,555
MIC	Microbuses ¹⁰	8,407	8,722	9,098
PICK	Pick up's ¹⁰	110,278	111,260	111,711
V ≤ 3	Vehículos ≤ 3 ton ¹⁰	N/A	N/A	N/A
TRA	Tractocamiones ⁸	10,300	11,215	12,211
AUT	Autobuses ¹⁰	2,794	3,009	3,269
V > 3	Vehículos > 3 ton ¹⁰	56,267	59,067	62,360
MC	Motocicletas ¹⁰	386	402	424
CGLP	Camiones a gas L. P. ¹⁰	N/A	N/A	N/A
Totales		874,239	920,596	1,001,873

⁵ Oficio SMA/DGPCC/08942/2000 a la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación.

⁶ Anuario 1993-94 de Transporte y Vialidad de la CD. de México, anuario 1995-96 de Transporte y Vialidad. SETRAVI

⁷ Oficio DRPT/0299/2000, Dirección de Registro Público del Transporte, SETRAVI.

⁸ Estadística básica del auto transporte federal de pasaje, turismo y carga federal SCT, 2000.

⁹ Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, Dirección de Instrumentación de Políticas, 2000.

¹⁰ Base de datos del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio 1999, Secretaría de Ecología del Estado de México.

¹¹ Edad del parque vehicular concesionado, DGT del Estado de México, 1998.

Tabla B.4.3 Evolución de la flota vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México

Zona Metropolitana del Valle de México [vehículos]				
ID	Tipo de vehículo	1994	1996	1998
AP	Autos particulares	1,850,179	2,019,787	2,341,731
TAX	Taxis	69,153	118,805	109,407
CO	Combis	7,963	20,899	5,499
MIC	Microbuses	47,879	31,968	32,029
PICK	Pick up's	274,537	285,473	336,080
V ≤ 3	Vehículos ≤ 3 ton	138,783	146,367	159,380
TRA	Tractocamiones	54,469	56,951	59,570
AUT	Autobuses	12,028	12,245	12,505
V > 3	Vehículos > 3 ton	84,847	87,646	90,940
MC	Motocicletas	29,407	43,717	72,704
CGLP	Camiones a gas L.P.	N/A	N/A	29,968
Totales		2,569,245	2,823,858	3,249,813

N/A No aplica

En lo que se refiere a la flota vehicular, el cambio que se hizo afecta únicamente a los Tractocamiones, ya que en el inventario del año 1998, la fuente de datos para esta categoría fue la Secretaría de Transportes y Vialidad y en el Inventario del año 2000, se tuvo acceso a información directa de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, en donde se tiene la flota vehicular separada en unidades de arrastre y unidades motrices, siendo que en 1998 la SETRAVI reportó la suma de estas categorías.

Al igual que para los diversos tipos de vehículos considerados en el recálculo reportado en el Inventario de Emisiones 1998, a partir de la flota de Tractocamiones del 2000, distribuida por año modelo, se calcula la flota de los años anteriores.

Otro cambio importante en la flota es que se consideran vehículos de uso particular y de uso intensivo.

Edad del parque vehicular.

En el cálculo de las emisiones es de gran importancia considerar el año modelo de los vehículos, ya que esto nos permite conocer mejor el volumen de emisiones generado por estrato vehicular; a continuación se tienen las distribuciones de acuerdo con el año modelo para 1994, 1996 y 1998.

Tabla B.4.4 Flota vehicular por año/modelo para la ZMVM, 1994

Año-modelo	Vehículos										
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	Total
1970 y ant.	80,305	382	39	208	9,225	5,157	11,580	219	12,076	-	119,190
1971	19,415	96	23	47	2,075	838	1,431	42	1,901	-	25,867
1972	24,741	115	24	52	2,329	1,290	2,484	72	2,737	-	33,844
1973	31,902	135	22	89	2,692	1,450	2,208	74	2,731	-	41,302
1974	34,439	132	28	87	17,758	1,713	2,525	72	3,000	-	59,754
1975	34,926	114	27	120	17,576	2,477	3,650	146	3,233	-	62,268
1976	37,972	137	65	109	3,989	2,631	3,588	168	3,841	-	52,500
1977	38,262	175	143	141	4,809	2,138	932	78	2,550	-	49,229
1978	49,582	229	192	114	6,090	3,071	2,394	157	3,945	-	65,775
1979	62,273	267	92	191	7,925	4,138	3,534	112	4,775	-	83,307
1980	70,446	254	153	181	8,499	5,973	4,764	371	5,938	-	96,580
1981	66,553	151	251	169	6,409	8,234	6,193	194	5,155	-	93,310
1982	68,273	179	325	184	50,244	7,301	2,515	179	2,793	-	131,993
1983	53,446	207	327	337	5,769	2,856	206	86	2,241	5,734	71,210
1984	59,587	215	270	836	5,564	3,591	443	263	1,768	385	72,923
1985	57,082	333	503	3,239	34,425	6,608	481	735	1,207	478	105,091
1986	60,259	601	692	8,229	20,313	5,054	196	153	1,569	805	97,871
1987	59,814	834	884	14,557	6,606	4,082	391	127	2,519	988	90,801
1988	77,667	1,204	1,783	13,572	7,578	4,348	1,009	284	3,017	1,440	111,901
1989	105,131	2,152	1,111	2,802	9,839	7,046	1,215	684	4,271	1,897	136,149
1990	135,221	6,529	558	1,449	10,369	10,164	937	1,943	4,390	2,019	173,579
1991	151,903	11,713	280	524	10,647	12,597	721	2,483	3,883	2,452	197,203
1992	170,114	17,090	72	285	8,805	14,133	567	633	2,641	4,141	218,481
1993	156,022	17,775	45	197	7,947	13,208	350	353	1,736	4,320	201,953
1994	144,844	8,134	56	159	7,053	8,683	155	2,400	931	4,749	177,164
TOTAL	1,850,179	69,153	7,963	47,879	274,537	138,783	54,469	12,028	84,847	29,407	2,569,245

Tabla B.4.5 Flota vehicular por año/modelo para la ZMVM en 1996

Año-modelo	Vehículos										
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V £ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	Total
1972 y ant.	100,003	405	47	215	10,110	6,888	12,010	295	12,319	-	142,290
1973	27,561	101	52	49	2,375	1,378	1,484	53	1,953	-	35,005
1974	33,091	122	53	53	2,647	1,713	2,581	60	2,798	-	43,118
1975	38,660	143	36	92	2,922	2,333	2,300	120	2,802	-	49,406
1976	38,345	140	54	91	18,466	2,523	2,620	149	3,073	-	65,461
1977	31,234	121	41	124	18,198	2,427	3,794	93	3,285	-	59,317
1978	38,772	146	157	112	4,554	3,216	3,731	77	3,923	-	54,688
1979	51,721	186	379	146	5,825	3,958	982	92	2,655	-	65,944
1980	68,936	242	536	116	6,998	5,721	2,501	375	4,076	-	89,502
1981	83,621	283	211	197	9,272	7,837	3,726	238	4,936	-	110,321
1982	80,043	269	396	188	9,848	7,517	4,955	248	6,092	-	109,557
1983	47,398	161	696	168	5,074	3,507	6,421	80	5,216	-	68,720
1984	56,225	190	914	179	49,585	3,844	2,610	234	2,856	-	116,636
1985	67,848	550	897	302	6,692	6,572	225	717	2,353	8,707	94,862
1986	66,479	934	693	640	5,946	5,054	484	185	1,856	1,071	83,343
1987	46,002	1,125	1,378	2,068	34,081	4,118	500	47	1,256	1,306	91,882
1988	64,071	1,718	1,955	4,988	20,948	4,348	215	120	1,647	1,922	101,931
1989	97,224	3,334	2,410	8,868	8,423	7,046	421	279	2,644	2,528	133,177
1990	129,321	10,683	4,988	8,412	9,112	10,164	1,100	1,900	3,167	2,673	181,520
1991	157,754	19,526	2,794	2,344	11,598	12,597	1,318	2,696	4,482	3,282	218,391
1992	182,908	28,629	1,218	1,454	11,169	14,132	1,017	498	4,609	5,531	251,165
1993	175,213	29,903	672	526	11,162	13,208	787	527	4,076	5,769	241,843
1994	167,751	13,762	123	291	9,527	8,683	616	2,581	2,773	6,335	212,442
1995	100,917	4,686	76	196	6,014	5,322	381	362	1,822	2,608	122,383
1996	68,691	1,448	125	150	4,924	2,263	172	218	977	1,985	80,953
TOTAL	2,019,787	118,805	20,899	31,968	285,473	146,367	56,951	12,245	87,646	43,717	2,823,858

Tabla B.4.6 Flota vehicular por año/modelo para la ZMVM en 1998

Año-modelo	Vehículos											Total
	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V ≤ 3	TRA	AUT	V > 3	MC	CGLP	
1974 y ant.	160,655	628	56	317	15,132	9,581	14,167	396	14,669	-	156	215,757
1975	38,660	143	25	92	2,922	2,260	1,736	117	2,366	-	85	48,407
1976	38,345	140	24	91	18,466	2,523	2,889	145	3,073	-	83	65,778
1977	31,234	121	25	124	18,198	2,283	2,679	92	2,412	-	28	57,196
1978	38,772	146	27	112	4,554	3,107	3,276	76	3,268	-	98	53,436
1979	51,721	186	29	145	5,825	4,247	4,542	91	4,401	-	188	71,375
1980	68,936	242	47	114	6,998	5,865	4,166	365	4,949	-	256	91,939
1981	83,621	283	106	197	9,272	7,656	1,115	232	3,845	-	827	107,154
1982	80,043	269	137	191	9,848	7,265	2,481	244	4,565	-	844	105,886
1983	47,398	161	63	159	5,074	3,109	2,976	78	2,816	-	281	62,116
1984	56,225	190	102	164	49,586	4,061	4,977	227	4,165	-	457	120,153
1985	67,848	507	177	248	6,694	7,222	6,733	690	6,281	-	1,286	97,687
1986	66,479	844	238	356	5,946	5,307	2,803	180	3,383	-	691	86,228
1987	46,002	1,001	238	434	34,082	4,082	342	47	1,038	15,483	701	103,449
1988	64,071	1,523	185	621	20,949	4,348	309	117	1,647	2,701	399	96,871
1989	97,222	2,944	383	2,356	8,423	7,082	886	272	2,862	3,555	867	126,852
1990	129,321	9,367	551	5,567	9,112	10,164	525	1,832	3,167	3,760	2,221	175,588
1991	157,754	17,091	740	9,676	11,598	12,597	476	2,611	4,483	4,616	2,440	224,081
1992	182,907	25,045	1,218	8,731	11,169	14,133	402	487	4,609	7,776	3,334	259,811
1993	175,213	26,150	598	1,234	11,162	13,208	219	517	4,076	8,121	2,409	242,907
1994	167,751	12,054	248	349	9,527	8,683	163	2,493	2,773	8,913	3,103	216,056
1995	100,917	4,114	151	208	6,014	5,322	316	352	1,822	3,672	2,480	125,367
1996	68,691	1,282	37	137	4,924	2,263	396	214	977	2,788	1,814	83,522
1997	123,661	2,245	31	142	38,582	5,862	396	337	1,494	4,733	1,980	179,463
1998	198,284	2,730	63	264	12,023	7,151	601	293	1,799	6,587	2,939	232,735
TOTAL	2,341,731	109,407	5,499	32,029	336,080	159,380	59,570	12,505	90,940	72,704	29,968	3,249,813

Actividad vehicular

La actividad de los vehículos varía de forma significativa en el periodo evaluado, ya que para los años 1994 y 1996 todos los vehículos dejaban de circular 1 día a la semana por la aplicación del Programa Hoy No Circula (PHNC), por lo tanto, los datos de actividad empleados son los siguientes:

Tabla B.4.7 Actividad de la flota para 1994 y 1996

Clasificación final	Km/día (uso particular)	Km/día (uso intensivo)	Días / año	
Autos particulares		33	100	313
Taxis		N/A	200	365
Combis		N/A	200	313
Microbuses		N/A	200	313
Pick up's		60	100	313
Vehículos ≤ 3 ton		60	N/A	313
Tractocamiones		N/A	60	365
Autobuses		N/A	191	313
Vehículos > 3 ton		N/A	60	365
Motocicletas		33	N/A	313

Fuente: Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.

Por otra parte, para 1998 ya se tenía implementada dentro del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio (PVVO) (desde el primer semestre de 1997), una clasificación de los vehículos de acuerdo con su nivel de emisiones, lo cual sirve de base al PHNC, para restringir la circulación de los mismos de acuerdo con la Tabla B.4.8 para los autos particulares, para el resto de la flota se aplica la actividad de la Tabla B.4.9 y la Tabla B.4.10.

Cabe mencionar que en la elaboración del inventario 1998 no se consideró dicha desagregación de la actividad vehicular por no tener acceso directo a la base de datos del PVVO y es hasta el inventario del año 2000 que se incorpora esta actualización al cálculo de las emisiones.

Tabla B.4.8 Datos de actividad aplicados a los autos particulares en 1998

	Tipo de holograma	Km / día	Días / año
Autos particulares	Cero	36	365
	Uno	24	313
	Dos	25	313

Fuente: Consultas al Programa de Verificación Vehicular Obligatorio primer semestre 2001.

Tabla B.4.9 Actividad representativa de la flota vehicular de la ZMVM de acuerdo con el tipo de holograma

Clasificación final	Tipo de vehículo	Km / día	Días / año		
			Cero	Uno	Dos
Autos particulares	Autos particulares de uso intensivo	100	365	313	313
Pick up´s	Pick up´s	60	365	313	313
	Pick up´s de uso intensivo	100	365	313	313
Microbuses	Microbuses	200	365	313	313
Tractocamiones	Tractocamiones	60	365	313	313
Vehículos ≤ 3 ton	Camiones	60	365	313	313
Vehículos > 3 ton	Vehículos > 3 ton	60	365	313	313
Combis	Combis de transporte de pasajeros	200	N/A	N/A	313

Fuente: Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.

Consultas a la base de datos del primer semestre del año 2001 del PVVO en el Distrito Federal.

Tabla B.4.10 Actividad representativa de la flota vehicular que cuentan con un solo tipo de holograma

Clasificación final	Tipo de vehículo	Km/día	Días / año
Taxis	Taxis	200	365
Vehículos ≤ 3 ton	Camiones	60	313
Tractocamiones	Auto transporte federal de carga	60	365
Autobuses	Autobuses de Transporte de Pasajeros	191	313
Motocicletas	Motocicletas	33	313
Camiones de carga a gas L.P.	Camiones de carga a gas L.P.	60	365

Fuente: Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos, COMETRAVI, 1997.

Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006. Estadística básica de SCT, servicios auxiliares del auto transporte, 2000.

Siguiendo la metodología explicada en la memoria de cálculo del Inventario de Emisiones 2000 y conjuntando la flota vehicular antes definida con los datos de actividad característicos para cada tipo de vehículo, tenemos en las siguientes tablas, los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV) para 1994, 1996 y 1998 en la ZMVM.

Tabla B.4.11 Kilómetros recorridos por tipo de vehículo para la ZMVM en 1994

Tipo de vehículo	KRV [km-vehíc/año]
Autos particulares	23,648,707,175
Taxis	5,048,169,000
Combis	498,372,622
Microbuses	2,997,211,378
Pick up's	6,251,292,340
Vehículos ≤ 3 ton	2,517,459,000
Tractocamiones	1,192,871,100
Autobuses	719,069,924
Vehículos > 3 ton	1,593,426,660
Motocicletas	403,244,160
TOTAL	44,869,823,359

Tabla B.4.12 Kilómetros recorridos por tipo de vehículo para la ZMVM en 1996

Tipo de vehículo	KRV [km-vehíc/año]
Autos particulares	26,163,370,012
Taxis	8,672,765,000
Combis	1,308,157,271
Microbuses	2,001,247,044
Pick up's	6,520,633,137
Vehículos ≤ 3 ton	2,748,791,040
Tractocamiones	1,247,226,900
Autobuses	732,057,344
Vehículos > 3 ton	1,646,001,549
Motocicletas	550,886,886
TOTAL	51,591,136,185

Tabla B.4.13 Kilómetros recorridos por tipo de vehículo para la ZMVM en 1998

Tipo de Vehículo	KRV [km-vehíc/año]
Autos particulares	27,727,256,761
Taxis	7,986,711,000
Combis	344,237,400
Microbuses	2,030,457,200
Pick up's	8,329,076,080
Vehículos ≤ 3 ton	3,059,656,748
Tractocamiones	1,299,649,896
Autobuses	753,737,952
Vehículos > 3 ton	2,039,083,020
Motocicletas	1,270,725,096
Camiones de carga a gas L.P	309,536,352
TOTAL	55,150,127,505

Emisiones

Una vez determinados los KRV para la flota vehicular, con las actualizaciones para cada año evaluado, se procede al cálculo de emisiones utilizando los factores de emisión del inventario de emisiones de 1998; en las siguientes tablas tenemos las emisiones estimadas para la ZMVM en 1994, 1996 y 1998 respectivamente.

Tabla B.4.14 Emisiones por tipo de vehículo para la ZMVM en 1994

Tipo de vehículo	Zona Metropolitana del Valle de México [ton/año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Autos particulares	686	4,131	738,666	44,228	76,449	70,272
Taxis	146	882	87,046	7,660	10,378	9,539
Combis	15	87	29,603	1,346	2,868	2,636
Microbuses	87	524	323,998	14,237	29,979	27,645
Pick up's	181	1,092	264,830	19,338	25,539	23,753
Vehículos ≤ 3 ton	73	440	167,341	11,660	13,022	11,997
Tractocamiones a diesel	1,789	164	14,843	19,902	6,859	6,263
Autobuses a diesel	1,079	99	8,041	9,124	3,008	2,764
Vehículos a diesel > 3 ton	2,390	219	19,391	25,195	8,632	8,096
Motocicletas	12	70	11,832	121	2,253	2,145
Totales	6,458	7,708	1,665,591	152,811	178,987	165,110

Tabla B.4.15 Emisiones por tipo de vehículo para la ZMVM en 1996

Tipo de vehículo	Zona Metropolitana del Valle de México [ton/año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Autos particulares	759	3,004	849,237	49,758	87,147	80,106
Taxis	252	996	146,795	13,207	17,676	16,248
Combis	38	150	77,704	3,532	7,527	6,920
Microbuses	58	230	216,335	9,505	20,017	18,456
Pick up's	189	749	279,192	20,310	26,850	25,001
Vehículos ≤ 3 ton	210	317	188,514	13,361	15,837	14,585
Tractocamiones a diesel	1,870	158	15,512	20,787	7,163	6,544
Autobuses a diesel	1,098	93	8,459	10,071	3,356	3,082
Vehículos a diesel > 3 ton	2,469	209	20,020	25,991	8,904	8,356
Motocicletas	16	63	16,382	165	3,173	3,029
Totales	6,959	5,969	1,818,150	166,687	197,650	182,327

Tabla B.4.16 Emisiones por tipo de vehículo para la ZMVM en 1998

Tipo de vehículo	Zona Metropolitana del Valle de México [ton/año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
Autos particulares	819	2,947	734,844	51,203	77,968	70,961
Taxis	232	851	153,292	12,936	18,179	16,711
Combis	10	131	20,448	930	1,981	1,821
Microbuses	102	231	215,163	9,560	20,032	18,471
Pick up's	478	388	316,815	24,079	31,455	29,309
Vehículos ≤ 3 ton	317	431	217,191	15,492	19,130	17,621
Tractocamiones a diesel	1,896	334	21,850	21,527	7,742	7,069
Autobuses a diesel	1,130	178	8,841	11,080	3,811	3,502
Vehículos a diesel > 3 ton	1,763	224	218,374	18,788	17,076	15,639
Motocicletas	37	138	37,282	392	7,147	6,848
Camiones a gas L.P.	9	N/S	2,559	1,108	1,020	940
Totales	6,793	5,853	1,946,659	167,095	205,541	188,892

B.5 Recálculo de las Fuentes Naturales

Vegetación y Suelos

El recálculo de las emisiones para los años 1994 a 1998, se realizó siguiendo la metodología utilizada para el cálculo del inventario 2000, a través del software PERSONAL COMPUTING BIOGENIC EMISSIONS INVENTORY SYSTEM Versión 2.2 (PC-BEIS 2.2), así mismo, se consideró información cartográfica, meteorológica y datos estadísticos para los años correspondientes.

Recálculo 1994.

Información cartográfica de uso de suelo y vegetación utilizada:

- Zona sur del Distrito Federal; cartografía SEMARNAT, 1:20,000 con base en fotografías aéreas de 1987 a 1990.
- Zona norte del Distrito Federal; cartografía de uso de suelo y vegetación 1:250,000 1993.
- Información estadística.
- Cultivos agrícolas del Distrito Federal; Cuadernos Estadísticos Delegacionales 2000 (INEGI, 2000) tomando el año agrícola 92/93.
- Municipios conurbados: cartografía de uso de suelo y vegetación del Inventario Nacional Forestal 2000.

Archivos meteorológicos para cada una de las temporadas climáticas, utilizados para las corridas del PC-BEIS:

Figura B.5-1 Meteorología año 1994

Seca-cálida				Seca-Fría				Húmeda			
HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR	HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR	HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR
1	0.1	14.46	0	1	0.1	11.15	0	1	0.75	14.16	0
2	0.1	13.85	0	2	0.1	11.29	0	2	0.3	13.75	0
3	0.1	13.16	0	3	0.1	11.12	0	3	0.3	12.79	0
4	0.1	12.35	0	4	0.3	10.78	0	4	0.3	12.14	0
5	0.1	11.71	0	5	0.3	10.09	0	5	0.3	11.89	0
6	0.1	11.11	0	6	0.75	10.14	0	6	0.3	11.39	0
7	0.1	10.8	0	7	0.75	10.32	0	7	0.3	11.14	0
8	0.1	12.51	0	8	0.3	9.83	0	8	0.3	12.34	0
9	0.1	15.46	0	9	0.1	10.73	0	9	0.3	15.02	0
10	0.1	18.18	0	10	0.1	12.66	0	10	0.3	17	0
11	0.1	20.1	0	11	0.3	15.25	0	11	0.3	19.29	0
12	0.1	21.53	0	12	0.3	17.21	0	12	0.75	20.12	0
13	0.3	22.62	0	13	0.1	18.81	0	13	0.75	21.13	0
14	0.3	22.28	0	14	0.75	20.14	0	14	0.75	21.32	0
15	0.3	22.36	0	15	0.75	20.67	0	15	0.75	21.08	0
16	0.75	22.72	0	16	0.75	20.46	0	16	0.75	18.36	0
17	0.75	22.49	0	17	0.75	20	0	17	0.75	16.75	0
18	0.75	21.12	0	18	0.75	18.88	0	18	0.75	16.04	0
19	0.75	20.06	0	19	0.75	17.08	0	19	0.75	16.11	0
20	0.75	18.67	0	20	0.75	15.15	0	20	0.75	16.13	0
21	0.3	17.68	0	21	0.75	14.46	0	21	0.75	15.6	0
22	0.1	16.88	0	22	0.75	13.91	0	22	0.75	14.55	0
23	0.1	16.11	0	23	0.75	13.62	0	23	0.75	14.21	0
24	0.1	15.21	0	24	0.75	13.69	0	24	0.75	14.17	0

Tabla B.5.1 Emisiones y uso de suelo de fuentes biogénicas 1994 [ton/año]

Temporada	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx	Uso de suelo km ²	
Distrito Federal						Agrícola	330
Fría	177	699	415	1,291	118	Forestal	644
Lluvias	260	978	581	1,818	159	Urbano	480
Seca	208	692	411	1,311	105	Otros	38
Total anual	645	2,369	1,407	4,420	382	Total	1,492
Estado de México						Agrícola	1,006
Fría	1,050	656	515	2,221	40	Forestal	459
Lluvias	1,553	917	720	3,190	54	Urbano	565
Seca	1,248	649	509	2,406	35	Otros	52
Total anual	3,851	2,222	1,744	7,817	129	Total	2,082
Zona Metropolitana del Valle de México						Agrícola	1,336
Fría	1,227	1,355	930	3,512	158	Forestal	1,103
Lluvias	1,813	1,895	1,301	5,008	213	Urbano	1,045
Seca	1,456	1,341	920	3,717	140	Otros	90
Total anual	4,496	4,591	3,151	12,237	511	Total	3,574

OCOV= Otros Compuesto Orgánicos Volátiles

Recálculo 1996

En el recálculo de las emisiones del año 1996, se utilizó la cobertura digital de vegetación del Distrito Federal 1997 (GDF-SMA, Sistemas de Información) y considerando el porcentaje de la pérdida de vegetación por uso de suelo¹², se realizó una proyección de la vegetación al año 1996.

Los datos del suelo agrícola, se obtuvo del Subsistema Agrícola del SIACON, versión 1.1 (Sistema de Información Agrícola de Consulta, SAGARPA) el cual contiene información de la superficie sembrada por entidad federativa, tipo de cultivo, año agrícola, riego y temporal. Para el uso de suelo del Estado de México, se utilizó el del Inventario Nacional Forestal 2000 SEMARNAT. La meteorología utilizada es la siguiente:

Figura B.5-2 Meteorología año 1996

Seca-cálida				Seca-Fría				Húmeda			
HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR	HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR	HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR
1	0.75	18.10	0.00	1	0.10	10.50	0.00	1	0.10	14.46	0.00
2	0.75	16.90	0.00	2	0.10	9.75	0.00	2	0.10	13.85	0.00
3	0.30	16.30	0.00	3	0.10	8.95	0.00	3	0.10	13.16	0.00
4	0.30	15.45	0.00	4	0.10	8.00	0.00	4	0.10	12.35	0.00
5	0.30	14.80	0.00	5	0.10	7.40	0.00	5	0.10	11.71	0.00
6	0.30	14.30	0.00	6	0.10	6.80	0.00	6	0.10	11.11	0.00
7	0.75	13.95	0.00	7	0.10	6.40	0.00	7	0.10	10.80	0.00
8	0.30	13.65	0.00	8	0.10	5.75	0.00	8	0.10	12.51	0.00
9	0.10	14.65	0.00	9	0.10	8.00	0.00	9	0.10	15.46	0.00
10	0.30	17.25	0.00	10	0.10	11.25	0.00	10	0.10	18.18	0.00
11	0.30	19.90	0.00	11	0.10	15.00	0.00	11	0.10	20.10	0.00
12	0.30	21.60	0.00	12	0.10	17.80	0.00	12	0.10	21.53	0.00
13	0.75	22.85	0.00	13	0.10	20.10	0.00	13	0.30	22.62	0.00
14	0.75	23.20	0.00	14	0.10	22.00	0.00	14	0.30	22.28	0.00
15	0.75	23.15	0.00	15	0.10	22.80	0.00	15	0.30	22.36	0.00
16	0.75	22.85	0.00	16	0.10	23.00	0.00	16	0.75	22.72	0.00
17	0.75	21.35	0.00	17	0.10	22.50	0.00	17	0.75	22.49	0.00
18	0.75	21.05	0.00	18	0.10	21.10	0.00	18	0.75	21.12	0.00
19	0.75	20.50	0.00	19	0.10	18.70	0.00	19	0.75	20.06	0.00
20	0.75	20.40	0.00	20	0.10	16.90	0.00	20	0.75	18.67	0.00
21	0.75	19.45	0.00	21	0.10	15.60	0.00	21	0.30	17.68	0.00
22	0.75	17.90	0.00	22	0.10	14.55	0.00	22	0.10	16.88	0.00
23	0.75	16.25	0.00	23	0.10	13.05	0.00	23	0.10	16.11	0.00
24	0.75	14.95	0.00	24	0.10	12.00	0.00	24	0.10	15.21	0.00

¹² CORENA 2001 <http://sma.df.gob.mx/sima/corena>

Tabla B.5.2 Emisiones y uso de suelo de fuentes biogénicas 1996 [ton/año]

Temporada	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx	Uso de suelo km ²	
Distrito Federal						Agrícola	382
Fría	311	814	472	1,597	20	Forestal	644
Lluvias	538	1,288	747	2,573	101	Urbano	480
Seca	317	837	485	1,639	19	Otros	38
Total anual	1,166	2,939	1,704	5,809	140	Total	1,492
Estado de México						Agrícola	1,006
Fría	1,336	683	536	2,555	40	Forestal	459
Lluvias	2,075	1,079	847	4,001	59	Urbano	565
Seca	1,229	702	551	2,482	37	Otros	52
Total anual	4,640	2,464	1,934	9,038	136	Total	2,082
Zona Metropolitana del Valle de México						Agrícola	1,388
Fría	1,647	1,497	1,008	4,152	60	Forestal	1,103
Lluvias	2,613	2,367	1,594	6,574	160	Urbano	1,045
Seca	1,546	1,539	1,036	4,121	56	Otros	90
Total anual	5,806	5,403	3,638	14,847	276	Total	3,574

OCOV= Otros Compuesto Orgánicos Volátiles

Recálculo 1998

Para el cálculo de las emisiones del año 1998, se utilizó como base la cobertura de vegetación del Distrito Federal 1997. La superficie agrícola, se obtuvo del Subsistema Agrícola del SIACON Versión 1.1 (Sistema de Información Agrícola de Consulta, SAGARPA). En el caso del Estado de México se utilizó el uso de suelo del Inventario Nacional Forestal 2000. Los archivos meteorológicos utilizados son los siguientes:

Figura B.5.3 Meteorología Año 1998

Seca-cálida				Seca-Fría				Húmeda			
HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR	HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR	HORA	NUBOSIDAD	TEMP.	PAR
1	0.10	19.62	0.00	1	0.30	13.27	0.00	1	0.75	16.37	0.00
2	0.10	18.88	0.00	2	0.10	12.55	0.00	2	0.75	16.38	0.00
3	0.10	17.90	0.00	3	0.10	11.85	0.00	3	0.75	15.92	0.00
4	0.10	17.05	0.00	4	0.10	11.25	0.00	4	0.75	15.38	0.00
5	0.10	16.70	0.00	5	0.10	10.70	0.00	5	0.75	15.02	0.00
6	0.10	16.17	0.00	6	0.10	10.18	0.00	6	0.30	14.27	0.00
7	0.10	15.68	0.00	7	0.30	9.93	0.00	7	0.30	13.60	0.00
8	0.10	15.05	0.00	8	0.75	9.70	0.00	8	0.30	13.57	0.00
9	0.10	16.12	0.00	9	0.75	11.77	0.00	9	0.10	15.48	0.00
10	0.10	19.47	0.00	10	0.75	14.17	0.00	10	0.10	17.65	0.00
11	0.10	22.78	0.00	11	0.75	17.10	0.00	11	0.10	19.35	0.00
12	0.10	24.95	0.00	12	0.75	19.27	0.00	12	0.10	21.28	0.00
13	0.10	27.68	0.00	13	0.75	21.50	0.00	13	0.10	23.00	0.00
14	0.10	29.10	0.00	14	0.75	23.46	0.00	14	0.10	24.55	0.00
15	0.10	30.55	0.00	15	0.75	24.22	0.00	15	0.10	25.85	0.00
16	0.10	31.48	0.00	16	0.30	24.85	0.00	16	0.10	25.83	0.00
17	0.10	31.35	0.00	17	0.10	24.70	0.00	17	0.30	24.97	0.00
18	0.10	31.23	0.00	18	0.10	23.23	0.00	18	0.30	25.73	0.00
19	0.30	30.83	0.00	19	0.10	20.22	0.00	19	0.30	25.48	0.00
20	0.30	26.80	0.00	20	0.10	18.05	0.00	20	0.10	24.10	0.00
21	0.30	24.43	0.00	21	0.10	16.83	0.00	21	0.10	22.38	0.00
22	0.30	23.02	0.00	22	0.10	15.52	0.00	22	0.10	20.97	0.00
23	0.30	22.07	0.00	23	0.10	14.93	0.00	23	0.30	19.83	0.00
24	0.10	21.12	0.00	24	0.10	13.97	0.00	24	0.30	18.97	0.00

Tabla B.5.3 Emisiones y uso de suelo de fuentes biogénicas 1998 [ton/año]

Temporada	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx	Uso de suelo km ²	
Distrito Federal						Agrícola	382
Fría	337	975	566	1,878	23	Forestal	644
Lluvias	725	1,641	953	3,319	104	Urbano	480
Seca	746	1,377	799	2,921	25	Otros	38
Total anual	1,808	3,993	2,318	8,118	152	Total	1,492
Estado de México						Agrícola	1,006
Fría	1,627	819	643	3,089	45	Forestal	459
Lluvias	2,695	1,377	1,081	5,153	68	Urbano	565
Seca	2,832	1,156	907	4,895	49	Otros	52
Total anual	7,154	3,352	2,631	13,137	162	Total	2,082
Zona Metropolitana del Valle de México						Agrícola	1,388
Fría	1,964	1,794	1,209	4,967	68	Forestal	1,103
Lluvias	3,420	3,018	2,034	8,472	172	Urbano	1,045
Seca	3,578	2,533	1,706	7,816	74	Otros	90
Total anual	8,962	7,345	4,949	21,255	314	Total	3,574

OCOV= Otros Compuesto Orgánicos Volátiles

Erosión del suelo

El recálculo de las emisiones de PM₁₀ generadas por la erosión eólica de los años 1994, 1996 y 1998, se realizaron con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México (EPA, 1997 en Radian International, 1997), se utilizaron las mismas regiones y áreas susceptibles de erosión generadas en el Inventario 2000 (ver memoria de cálculo de erosión eólica 2000), modificándose solo el factor climático para el año en cuestión, las variables de cálculo por año se muestran en la tabla siguiente:

Tabla B.5.4 Variables del cálculo de emisión de partículas por región en la ZMVM

Parámetro	Región			
	1	2	3	
Fracción de partículas suspendidas 2.5% (agrícola)	FS	2.5%	2.5%	2.5%
Fracción de partículas suspendidas 3.8% (otros)	FS	3.8%	3.8%	3.8%
Erosionabilidad (ton/acre/año)	I	56	56	56
Factor climático 1994	C	0.0253	0.0150	0.0059
Factor climático 1996	C	0.0233	0.0154	0.0039
Factor climático 1998	C	0.0222	0.0151	0.0014
Factor de rugosidad (agrícola)	K	0.6	0.6	0.6
Factor de rugosidad (otros)	K	1	1	1
Factor amplitud del campo sin protección (agrícola)	L'	0.76	0.76	.76
Factor amplitud del campo sin protección (otros)	L'	0.32	0.32	0.32
Factor de cobertura vegetal (sin veg.)	V'S	1	1	1
Factor de cobertura vegetal (con veg.)	V'C	0.5	0.5	0.5

Con base en los datos anteriores, se calcularon las siguientes emisiones de partículas generadas por el viento en la Zona Metropolitana del Valle de México, cabe mencionar que los municipios de Acolman, Atenco y Texcoco, no están incluidos en el área geográfica que conforma la ZMVM, sin embargo se tomaron en cuenta por tener considerables áreas de erosión e influyen en la zona.

Tabla B.5.5 Emisiones de PM₁₀ 1994-1998 [ton/año]

Municipio	Superficie susceptible [ha]	1998	1996	1994
Álvaro Obregón	979	1	2	3
Azcapotzalco	115	1	1	1
Cuajimalpa de Morelos	3,663	3	7	11
Gustavo A. Madero	1,253	12	13	14
Iztapalapa	771	1	2	3
La Magdalena Contreras	1,001	1	2	4
Miguel Hidalgo	336	3	3	4
Milpa Alta	14,728	14	38	58
Tláhuac	4,358	5	13	20
Tlalpan	12,860	14	39	60
Venustiano Carranza	780	15	15	17
Xochimilco	8,094	8	22	33
Total Distrito Federal	48,938	78	157	228
Acolman	8,078	66	67	66
Atenco	8,662	67	68	67
Atizapán de Zaragoza	2,891	55	57	62
Coacalco de Berriozabal	1,563	14	14	13
Cuautitlán	3,326	30	31	34
Cuautitlán Izcalli	6,506	90	94	102
Chalco	16,185	172	175	171
Chicoloapan	5,080	53	54	53
Chimalhuacán	1,593	20	20	20
Ecatepec	4,731	36	37	36
Huixquilucan	7,211	85	89	97
Ixtapaluca	12,241	136	138	135
La Paz	857	11	11	11
Naucalpan de Juárez	4,965	82	85	93
Nezahualcóyotl	1,113	11	11	11
Nicolás Romero	11,667	195	204	222
Tecamac	14,115	119	121	118
Texcoco	25,729	251	255	249
Tlalnepantla de Baz	1,729	30	32	35
Tultitlán	3,970	50	53	57
Valle de Chalco	2,459	19	20	19
Total Estado de México	144,671	1,592	1,636	1,671
Total ZMVM	193,609	1,670	1,793	1,899

B.6 Emisiones de la ZMVM por tipo de fuente y sector 1994-1998

Las emisiones por tipo de fuente en peso y porcentaje, se muestran en las tablas siguientes para cada uno de los años recalculados.

Tabla B.6.1 Emisiones de la ZMVM por tipo de fuente y contaminante, 1994

Sector	Emisiones											
	PM ₁₀		SO ₂		CO		NO _x		COT		COV	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes puntuales	2,844	24	17,317	69	8,482	1	27,518	14	20,843	3	20,109	5
Fuentes de área	465	4	57	N/S	5,816	N/S	11,551	6	464,414	69	191,531	49
Vegetación y suelos	1,899	16	N/A	N/A	N/A	N/A	511	N/S	12,237	2	12,237	3
Fuentes móviles	6,458	56	7,708	31	1,665,591	99	152,811	80	178,987	26	165,110	43
Total	11,666	100	25,082	100	1,679,889	100	192,391	100	676,481	100	388,987	100

Tabla B.6.2 Emisiones de la ZMVM por tipo de fuente y contaminante, 1996

Sector	Emisiones											
	PM ₁₀		SO ₂		CO		NO _x		COT		COV	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes puntuales	2,859	24	15,981	73	8,491	1	27,367	13	20,920	3	20,183	5
Fuentes de área	416	3	47	N/S	5,450	N/S	10,465	5	407,871	64	197,374	47
Vegetación y suelos	1,793	15	N/A	N/A	N/A	N/A	276	N/S	14,847	2	14,847	4
Fuentes móviles	6,959	58	5,969	27	1,818,150	99	166,687	82	197,650	31	182,327	44
Total	12,027	100	21,997	100	1,832,091	100	204,795	100	641,288	100	414,731	100

Tabla B.6.3 Emisiones de la ZMVM por tipo de fuente y contaminante, 1998

Sector	Emisiones											
	PM ₁₀		SO ₂		CO		NO _x		COT		COV	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes puntuales	2,873	24	11,295	66	8,497	1	27,441	14	20,979	3	20,241	5
Fuentes de área	460	4	44	N/S	5,645	N/S	10,876	5	415,928	63	193,006	45
Vegetación y suelos	1,670	14	N/A	N/A	N/A	N/A	314	N/S	21,255	3	21,255	5
Fuentes móviles	6,793	58	5,853	34	1,946,659	99	167,095	81	205,541	31	188,892	45
Total	11,796	100	17,192	100	1,960,801	100	205,726	100	663,703	100	423,394	100

Las tablas siguientes presentan los inventarios de emisiones desagregadas por sector para los años 1994, 1996 y 1998 respectivamente.

Tabla B.6.4 Recálculo de emisiones de la ZMVM, 1994

Sector	Emisiones [ton /año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	COT	COV
Fuentes puntuales	2,844	17,317	8,482	27,518	20,843	20,109
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	370	2305	471	2242	1352	1324
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	354	3785	222	1027	599	593
Industria de la madera y productos de madera	132	207	71	112	995	880
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	165	3353	553	3274	5583	5552
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	399	5034	2868	4005	7346	7034
Productos minerales no metálicos	260	872	695	2675	241	182
Industrias metálicas básicas	520	638	812	1087	424	416
Productos metálicos, maquinaria y equipo	378	804	1200	829	3607	3596
Otras industrias manufactureras	62	303	50	48	432	400
Generación de energía eléctrica	204	16	1540	12219	264	132
Fuentes de área	465	57	5,816	11,551	464,414	191,531
Combustión industrial	126	9	1,390	1,655	180	91
Combustión comercial/institucional	24	N/S	111	809	30	20
Combustión habitacional	135	1	592	4,061	164	103
Operación de aeronaves	12	N/S	2,309	1,464	326	313
Locomotoras (foráneas/ patio)	82	40	443	3,485	147	143
Terminales de Autobuses de pasajeros*	N/S	N/E	90	50	21	20
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	19,913	19,674
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,178	2,152
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	21,158	18,421
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	622	615
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	28,003	16,802
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,345	5,420
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,223	6,223
Aplicación de asfalto	N/E	N/A	N/A	N/A	161	161
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	71,205	49,131
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	15,179	15,179
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5	5
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	8,868	8,727
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	19,721	19,406
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	23,463	23,088
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	4,106	4,106
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	13	13
Rellenos sanitarios	N/E	N/A	N/E	N/A	231,488	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	1,833	1,686
Incendios forestales*	72	7	665	21	44	20
Incendio en estructuras	14	N/E	216	6	18	12
Vegetación y suelos	1,899	N/A	N/A	511	12,237	12,237
Vegetación	N/A	N/A	N/A	511	12,237	12,237
Erosión eólica del suelo	1,899	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	6,458	7,708	1,665,591	152,811	178,987	165,110
Autos particulares	686	4,131	738,666	44,228	76,449	70,272
Taxis	146	882	87,046	7,660	10,378	9,539
Combis	15	87	29,603	1,346	2,868	2,636
Microbuses	87	524	323,998	14,237	29,979	27,645
Pick up	181	1,092	264,830	19,338	25,539	23,753
Vehículos <= a 3 ton	73	440	167,341	11,660	13,022	11,997
Tractocamiones	1,789	164	14,843	19,902	6,859	6,263
Autobuses	1,079	99	8,041	9,124	3,008	2,764
Vehículos > a 3 ton	2,390	219	19,391	25,195	8,632	8,096
Motocicletas	12	70	11,832	121	2,253	2,145
Camiones de carga a gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vehículos a gas natural	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	11,666	25,082	1,679,889	192,391	676,481	388,987

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

* No estimado por falta de información, por lo tanto se repite la emisión del año 2000

Tabla B.6.5 Recálculo de emisiones de la ZMVM, 1996

Sector	Emisiones [ton /año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	COT	COV
Fuentes puntuales	2,859	15,981	8,491	27,367	20,920	20,183
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	373	2113	471	2216	1357	1329
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	356	3528	222	1003	602	595
Industria de la madera y productos de madera	133	194	72	111	998	883
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	164	3243	554	3264	5604	5572
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	402	4503	2871	3926	7373	7060
Productos minerales no metálicos	261	781	696	2667	242	183
Industrias metálicas básicas	526	602	812	1085	425	418
Productos metálicos, maquinaria y equipo	381	721	1201	826	3620	3609
Otras industrias manufactureras	61	280	50	47	434	401
Generación de energía eléctrica	202	16	1542	12222	265	133
Fuentes de área	416	47	5,450	10,465	407,871	197,374
Combustión industrial	91	7	999	1,189	130	65
Combustión comercial/institucional	29	N/S	129	939	36	23
Combustión habitacional	131	1	574	3,939	157	99
Operación de aeronaves	12	N/S	2,419	1,504	374	359
Locomotoras (foráneas/ patio)	67	32	358	2,817	120	116
Terminales de Autobuses de pasajeros*	N/S	N/E	90	50	21	20
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	20,726	20,477
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,267	2,239
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,021	19,173
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	648	640
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	29,146	17,488
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,727	5,641
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,477	6,477
Aplicación de asfalto	N/E	N/A	N/A	N/A	114	114
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	74,111	51,137
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	13,120	13,120
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5	5
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	8,910	8,767
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	21,062	20,725
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	25,071	24,669
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	4,273	4,273
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	13	13
Rellenos sanitarios	N/E	N/A	N/E	N/A	167,430	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	1,850	1,702
Incendios forestales*	72	7	665	21	44	20
Incendio en estructuras	14	N/E	216	6	18	12
Vegetación y suelos	1,793	N/A	N/A	276	14,847	14,847
Vegetación	N/A	N/A	N/A	276	14,847	14,847
Erosión eólica del suelo	1,793	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	6,959	5,969	1,818,150	166,687	197,650	182,327
Autos particulares	759	3004	849237	49758	87147	80106
Taxis	252	996	146795	13207	17676	16248
Combis	38	150	77704	3532	7527	6920
Microbuses	58	230	216335	9505	20017	18456
Pick up	189	749	279192	20310	26850	25001
Vehículos <= a 3 ton	210	317	188514	13361	15837	14585
Tractocamiones	1870	158	15512	20787	7163	6544
Autobuses	1098	93	8459	10071	3356	3082
Vehículos > a 3 ton	2469	209	20020	25991	8904	8356
Motocicletas	16	63	16382	165	3173	3029
Camiones de carga a gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Vehículos a gas natural	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	12,027	21,997	1,832,091	204,795	641,288	414,731

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

* No estimado por falta de información, por lo tanto se repite la emisión del año 2000

Tabla B.6.6 Recálculo de emisiones de la ZMVM, 1998

Sector	Emisiones [ton /año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	COT	COV
Fuentes puntuales	2,873	11,295	8,497	27,441	20,979	20,241
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	375	1,218	471	2,247	1,361	1,332
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	358	2,430	222	993	603	597
Industria de la madera y productos de madera	134	263	72	108	1,001	886
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	167	1,969	554	3,097	5,620	5,588
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	403	2,560	2,873	4,119	7,394	7,080
Productos minerales no metálicos	263	843	697	2,692	243	183
Industrias metálicas básicas	527	675	813	1,070	426	419
Productos metálicos, maquinaria y equipo	383	1,069	1,202	844	3,630	3,620
Otras industrias manufactureras	61	251	50	48	435	403
Generación de energía eléctrica	202	17	1,543	12,223	266	133
Fuentes de área	460	44	5,645	10,876	415,928	193,006
Combustión industrial	159	12	1,760	2,095	228	115
Combustión comercial/institucional	33	N/S	149	1,083	41	27
Combustión habitacional	120	1	525	3,607	144	91
Operación de aeronaves	10	N/S	1,964	1,833	492	472
Locomotoras (foráneas/ patio)	52	24	276	2,181	92	89
Terminales de Autobuses de pasajeros*	N/S	N/E	90	50	21	20
Recubrimiento de superficies industriales	N/A	N/A	N/A	N/A	21,059	20,806
Pintura automotriz	N/A	N/A	N/A	N/A	2,303	2,276
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,375	19,481
Pintura tránsito	N/A	N/A	N/A	N/A	658	650
Limpieza de superficie industrial	N/A	N/A	N/A	N/A	29,614	17,769
Lavado en seco	N/A	N/A	N/A	N/A	9,883	5,732
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,581	6,581
Aplicación de asfalto	N/E	N/A	N/A	N/A	271	271
Uso comercial y doméstico de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	75,302	51,958
Distribución y almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	3,720	3,720
Carga de combustible en aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	5	5
Distribución y almacenamiento de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	9,586	9,433
Fugas de gas LP en uso doméstico	N/A	N/A	N/A	N/A	21,884	21,533
HCNQ en la combustión de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	26,091	25,673
Panaderías	N/A	N/A	N/A	N/A	4,342	4,342
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	13	13
Rellenos sanitarios	N/E	N/A	N/E	N/A	179,078	N/E
Tratamiento de aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	2,083	1,917
Incendios forestales*	72	7	665	21	44	20
Incendio en estructuras	14	N/E	216	6	18	12
Vegetación y suelos	1,670	N/A	N/A	314	21,255	21,255
Vegetación	N/A	N/A	N/A	314	21,255	21,255
Erosión eólica del suelo	1,670	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fuentes móviles	6,793	5,853	1,946,659	167,095	205,541	188,892
Autos particulares	819	2947	734844	51203	77968	70961
Taxis	232	851	153292	12936	18179	16711
Combis	10	131	20448	930	1981	1821
Microbuses	102	231	215163	9560	20032	18471
Pick up	478	388	316815	24079	31455	29309
Vehículos <= a 3 ton	317	431	217191	15492	19130	17621
Tractocamiones	1896	334	21850	21527	7742	7069
Autobuses	1130	178	8841	11080	3811	3502
Vehículos > a 3 ton	1763	224	218374	18788	17076	15639
Motocicletas	37	138	37282	392	7147	6848
Camiones de carga a gas LP	9	N/S	2559	1108	1020	940
Vehículos a gas natural	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	11,796	17,192	1,960,801	205,726	663,703	423,394

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

* No estimado por falta de información, por lo tanto se repite la emisión del año 2000

Tabla B.6.7 Emisión de contaminantes en la ZMVM, 1994, 1996, 1998

Año del inventario	Emisiones [ton/año]					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NOx	COT	COV
1994	11,666	25,082	1,679,889	192,391	676,481	388,987
1996	12,027	21,997	1,832,091	204,795	641,288	414,731
1998	11,796	17,192	1,960,801	205,726	663,703	423,394

C. ANEXO
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL
INVENTARIO 1998, ZMVM

C.1 .COMENTARIOS A LA “EVALUACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE 1998 DE LA ZMVM” REALIZADO POR EASTERN RESEARCH GROUP, INC. (ERG).

Generales:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Revisar fuentes y páginas WEB de la EPA, que contengan información útil para ser empleada en el inventario, especialmente en la localización temporal y espacial.	Algunos documentos de la EPA empleados para realizar la distribución espacial y temporal son: http://www.epa.gov/ttn/catc/cica , http://www.epa.gov/otag/inventory/overview/examples.htm , http://www.epa.gov/ttn/chief/nti/area96.pdf , http://www.epa.gov/ttn/chief/nti/aircrrpt.pdf , http://www.epa.gov/ttn/chief/eidocs/portllsec4.pdf , entre muchas otras.
Implementar mejoras en la estimación de emisiones en fuentes de área y puntuales.	En fuentes puntuales se incluyó una nueva clasificación de las ramas industriales; para las fuentes de área se agregaron: emisiones domésticas de amoniaco, combustión industrial y terminales de autobuses de pasajeros, mostrando también la metodología de cálculo.
Aumentar el nivel de detalle para que el lector pueda reproducir los resultados del inventario.	Este inventario incluye un anexo que contiene los datos y las fuentes de donde fueron obtenidos, con la finalidad de que puedan ser reproducidos los resultados por cualquier persona que esté interesada.

Fuentes Fijas:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Realizar un análisis de las bases de datos para verificar cuantas empresas están activas y cuantas son históricas.	P E N D I E N T E: Se está realizando una actualización de las industrias para verificar su existencia en base a las empresas clasificadas por el Sistema de Información Empresarial Mexicano (www.siem.gob.mx/portalsiem/) para diciembre de 1992; así como actualizar sus datos en caso de que sigan operando.
Incluir las fórmulas para verificar la metodología.	Se integró una memoria de cálculo y en ésta se incluyeron las ecuaciones, los factores de emisión y algunos ejemplos de cálculos.
Verificar que no se cuente por duplicado la emisión de las terminales de almacenamiento de PEMEX.	Actualmente las emisiones de todas las terminales de almacenamiento de combustibles de PEMEX, ubicadas en la ZMVM, están incluidas solamente en fuentes de área.
No incluir los factores de emisión para combustibles que no se emplean.	En lo que se refiere al coke, dicho combustible ya no se emplea en la ZMVM por restricción normativa; para evitar confusiones en éste y los próximos inventarios, solamente se registran los combustibles que manifiestan las industrias como utilizados.
Comprobar que el conteo de fuentes puntuales dentro de la base de datos esté correcto.	Para evitar la duplicación de conteo de las industrias se verifica la dirección, colonia y delegación de cada industria.
Revisar la relación entre el consumo de combustible y la generación de energía eléctrica.	Para este inventario se verificó que el consumo de combustibles reportado para las termoeléctricas, sí corresponde al dato de generación de electricidad.

Inventario de Emisiones 2000

Fuentes de área:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Documentar los factores de emisión empleados en las fuentes de evaporación de solventes.	Para este Inventario, los factores de emisión, así como el cálculo de emisiones están documentados en la memoria de cálculo.
Utilizar métodos alternativos al cálculo de fermentación en panaderías.	En este inventario se emplea un método alternativo de cálculo, el cual obtiene un factor de emisión de 0.264 Kg. de COT/ habitante /año, utilizando un consumo de pan promedio de 32.98 Kg. de masa /habitante /año.
Emplear métodos alternos para el cálculo por fugas en la distribución y almacenamiento masivo de Gas LP.	El método alterno basado en la tasa de emisión del Gas LP corresponde al 3.6% del consumo total, sin embargo este factor, es utilizado para un inventario rápido. Para este Inventario de Emisiones, se tomó la decisión de emplear los factores desglosados propuestos por el IMP para evaluar las emisiones por fugas en la distribución y almacenamiento masivo, estaciones de servicio para carburación y casa habitación.
Verificar la nomenclatura en la sección de distribución y venta de gasolina, así como parte de la metodología, ya que ésta varía a la propuesta en la EPA.	Durante el desarrollo del presente inventario, modificamos la nomenclatura para una mejor comprensión de los usuarios. También se revisó la metodología y los valores utilizados de primera mano para iniciar los cálculos.
Confirmar los consumos de gas avión y turbosina.	El consumo de gas avión es 305 metros cúbicos anuales y para turbosina 1,167,251 metros cúbicos anuales, valores reportados por PEMEX y cotejados con datos enviados por personal del Aeropuerto y Servicios Auxiliares.
Identificar el contenido de solvente en la mezcla de asfalto.	P E N D I E N T E: Hasta ahora las emisiones estimadas para el D.F., se obtuvieron apartir de la fracción del solvente evaporado (0.95) según tipo de curado, dato proporcionado por US EPA, Radian 1997, esto debido a que no conocemos aún el contenido real de solvente para la mezcla asfáltica. Para el Estado de México, se tomó el factor de emisión de 2.18×10^{-5} ton de COT/habitante/año.
Actualizar la metodología de cálculo y los flujos de agua a tratar.	P E N D I E N T E: La auditoria manifiesta que el modelo recomendado por la EPA es el Water9 U.S. EPA, 1994; de obtener datos suficientes y actualizados para alimentar al modelo, se utilizará en futuros inventarios, de no ser así continuaremos con la utilización del factor de emisión que nos recomienda la misma auditoria (1.3×10^{-5} kg COT/litro de agua tratada).
Anexar nuevas fuentes de emisión de área.	Las emisiones de fuentes de área que se anexaron son: Emisiones doméstica de amoniaco, Combustión Industrial y Terminales de Autobuses de pasajeros. En futuros inventarios se integrarán, de tener la información suficiente para realizar el cálculo otras actividades.
Comprobar que los factores de emisión en el cálculo de las emisiones por incendios forestales están bien calculados.	El cálculo de los factores de emisión del Inventario 2000, se realizó con base en la metodología del Programa de Inventario de Emisiones para México, complementándola con el documento de Thompson G. Pace (2002) y el AP-42 (US EPA, 1996).

Recomendaciones

Fuentes móviles:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Emplear algunos modelos para asignar los kilómetros recorridos por vehículo.	P E N D I E N T E: La utilización de modelos de tráfico para asignar los Kilómetros Recorridos por Vehículo (KRV) para el Distrito Federal y el Estado de México en lugar de datos de registro de vehículos, está siendo contemplada a largo plazo dada la falta de información y recursos para emplear por el momento satisfactoriamente estos modelos.
Afinar los datos de Kilómetros Recorridos por Vehículo.	La actividad de los KRV se obtiene, para este inventario, por medio de la lectura del odómetro para los autos contenidos en la base de datos del primer semestre del año 2001 del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO).
Confirmar que los factores de emisión proporcionados por el IMP incluyen emisiones evaporativas y de escape.	En la información proporcionada por dicho instituto se tiene desglosado el factor de emisión para hidrocarburos por el escape y evaporativas, pero para fines del inventario no es necesario la separación, por lo cual en el reporte de emisiones no se menciona dicha desagregación aunque si se tomó en cuenta para los cálculos.
Favorecer el empleo del MOBILE5 México para el cálculo de los factores de emisión de vehículos a diesel y motocicletas.	Los factores de emisión utilizados en este inventario para vehículos a diesel y motocicletas, se calcularon con el modelo <i>MOBILE 5 México</i> , ya que anteriormente se empleaba el modelo <i>MOBILE 5a.3-MCMA</i> para el cálculo de dichos factores.
Verificar porque los factores de emisión de PM ₁₀ utilizados para los vehículos a Gas Licuado de Petróleo y a Gasolina son los mismos.	En el caso de la emisión de partículas para los vehículos que utilizan Gas Licuado de Petróleo, dado que en México se carece de este tipo de mediciones, se decidió asumir que la emisión de dichos vehículos es igual a los vehículos a gasolina; a partir del año próximo se tiene contemplado la utilización del equipo IM 240 para realizar mediciones y poder generar factores de emisión propios.
Proveer más detalles en la documentación de los factores de emisión y datos de actividad.	Dentro de la memoria de cálculo para Fuentes Móviles presente en el Inventario de Emisiones del 2000, se encuentran las referencias de las cuales se obtuvieron los factores de emisión, para todos los contaminantes estimados por esta fuente.

Fuentes biogénicas:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Elaborar una discusión en el reporte acerca de la calidad y el refinamiento del uso de suelo y el tipo de vegetación.	En el Inventario 2000, así como en la metodología de cálculo de emisiones biogénicas, se explica a detalle los tipos de uso de suelo y vegetación utilizados, así como su distribución y porcentaje de ocupación en la zona.
Considerar la implementación y el uso del GloBEIS.	Se realizaron corridas de comparación de emisiones con el GloBEIS y el PC-BEIS, las cuales muestran semejanzas en casi todos los contaminantes, variando solamente los Óxidos de Nitrógeno, por lo cual se contempla su utilización en el Inventario del año 2002.
Aplicar los métodos de estimación de emisiones provenientes de volcanes.	Por el momento no se cuenta con datos para la estimación de ésta fuente y cabe mencionar, que el volcán Popocatepetl no se encuentra dentro del área geográfica de la Zona Metropolitana del Valle de México.
Analizar tanto las metodologías como las variables dentro del concepto de erosión por viento, para ver si estas son consistentes.	El Inventario 2000 de partículas erosivas se realizó con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México, así mismo, se tomaron como apoyo otros documentos del uso y tipo suelos de la zona.

C.2. COMENTARIOS AL “ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO” REALIZADO POR EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS

Generales:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Ajustar las emisiones totales de aquellas fuentes que dependen de variables meteorológicas.	Las fuentes evaluadas considerando las condiciones meteorológicas reales de la ciudad de México son: Fuentes biogénicas (vegetación y erosión eólica del suelo) y Fuentes de área (distribución y almacenamiento de gasolina)
Determinar y asignar los perfiles de emisión como función del tiempo.	El presente inventario incluye la distribución horaria de las emisiones, para lo cual se analizaron en cada fuente aspectos específicos, por ejemplo: aforos vehiculares, horarios de operación de las industrias, horarios de actividades en servicios, características meteorológicas, etc.
Distribuir espacialmente las emisiones de las diferentes fuentes generadoras.	Este es un avance que contiene el inventario y cada fuente presenta una forma distinta de distribución, por ejemplo mediante el empleo de un sistema de información geográfica (arcview), se ubican las industrias más emisoras; utilizando los aforos vehiculares se distribuye el parque vehicular; empleando los AGEBS se obtiene la contribución de emisiones por servicios y las emisiones de fuentes naturales se distribuyeron con base en el uso de suelo y vegetación contabilizándolos por celda.
Adecuar las bases de información con la malla de cálculo del modelo.	La distribución de las emisiones se realizó en base a la malla de modelación.
Asignar el perfil de emisión para cada tipo de fuente de emisión, en específico para aquellas que emiten más de hidrocarburos y partículas.	El cálculo de los perfiles de emisión por tipo de fuente, no fue incluido en el presente Inventario de Emisiones, sin embargo, se trabajó en este punto basados en el documento SPECIATE, US EPA.
Determinar las emisiones totales para cada especie de COV, a partir de los perfiles emisión por fuente.	Por el momento se incluyen en el Inventario de Emisiones los Compuestos Orgánicos Totales, Compuestos Orgánicos Volátiles y Metano, aunque se cuenta también con las emisiones calculadas de los Hidrocarburos No Metánicos y los Hidrocarburos Totales. En el próximo inventario se presentarán agrupados por especie los Compuestos Orgánicos Volátiles.
Agrupar las especies emitidas de acuerdo al mecanismo químico.	Con la especiación realizada por fuente de emisión, es posible agrupar las especies emitidas según el mecanismo químico utilizado.
Determinar los índices de reactividad química (capacidad oxidativa) en la atmósfera de la ZMVM.	Por ahora se han empleado los Índices Máximos de Reactividad (MIR), de estudios realizados en Estados Unidos, para calcular la formación de ozono en fuentes puntuales, para contar con valores reales, será necesario involucrar a Universidades e Institutos que posean la capacidad de recursos para hacer tales determinaciones.
Adaptar nuevas metodologías que sirvan como complemento a las actuales, aun cuando esto implique el uso de modelos de calidad del aire y de receptores.	En el Inventario de Emisiones anterior y en el presente, se emplea el modelo de Calidad del Aire Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM), quedando pendiente la utilización de un modelo de receptor con la finalidad de validar las emisiones.
Obtener la emisión de PM _{2.5} empleando como base las estimaciones hechas para PM ₁₀ .	Este inventario cuenta con la emisión de PM ₁₀ y PM _{2.5} , calculadas con diferentes metodología según las fuentes generadoras.

Recomendaciones

Fuentes puntuales:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Actualizar el número de empresas presentes en el inventario de emisiones, tratando de incluir el mayor número de industrias posible.	Para el presente inventario, las empresas incluidas fueron solamente aquellas que entregaron COA y cuentan con emisiones al aire. Algunas de ellas tienen información del año 2000, otras del 1998 y sólo 2,672 industrias cuentan con datos históricos (1994 – 1997).
Separar las emisiones provenientes de proceso y de combustión por cada sector.	La generación de contaminantes al aire, para las fuentes puntuales, ya fue separada, en emisión por proceso y por combustión, esto para las industrias de los años 1998,1999 y 2000; en las industrias históricas solamente se reportan emisiones totales.

Fuentes de área:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Validar los factores de emisión empleados, en particular los de fugas de Gas Licuado de Petróleo, las fuentes evaporativas y el almacenamiento de combustibles.	Tanto la metodología como los factores de emisión de fuentes de área, fueron revisados y en los casos en los cuales se encontró una mejor metodología, así como los datos requeridos, se sustituyó dicha metodología.
Verificar la certidumbre de los factores de emisión actuales, en especial los consumos de solventes.	Las emisiones generadas por el consumo de solventes provienen de factores de emisión per cápita, se contempla utilizar el volumen total de ventas de solventes para la ZMVM, pero hasta ahora no se tiene un volumen de ventas definido.
Definir nuevas categorías para fuentes área que incluyan al mayor número de actividades.	Para este inventario, dentro de fuentes de área se incluyeron las combustión industrial, las terminales de autobuses de pasajeros y las emisiones domésticas de amoniaco,

Fuentes móviles:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Determinar el factor de emisión en gramos por kilómetro recorrido y en gramos por litro de combustible consumido, para distintos tipos de vehículos y combustibles.	Los factores de emisión que se emplean en las fuentes móviles para este inventario se obtuvieron apartir del modelo Mobile 5 – México y de datos proporcionados por el IMP. Con esta metodología las unidades resultantes son gramos de contaminante por kilómetro recorrido según el combustible empleado, variando también el tipo de vehículo y el año modelo por cada categoría.
Sustituir la metodología actual por otras más detalladas, como mediciones directas en laboratorio, mediciones indirectas y mediciones de túnel.	P E N D I E N T E: Cualquier tipo de medición (indirecta, directa o de túnel) para determinar factores de emisión más precisos, implica elevar el costo de elaboración del Inventario; es por esto que hasta el momento se utilizan mayoritariamente factores de emisión publicados por diferentes fuentes; en cuanto se tenga un factor de emisión que se asemeje más a las condiciones reales, se evaluará su aplicación .

Fuentes biogénicas:

RECOMENDACIÓN	RESPUESTA
Obtener los factores de emisión para las especies vegetales nativas presentes en la ZMVM y las variables meteorológicas reales.	Para este inventario de emisiones, se tomaron los factores de emisión procedentes del PC-BEIS; clasificando las especies vegetales del área de estudio por medio de la familia taxonómica, asociando el factor de emisión del modelo a la especie nativa del área de estudio.
Mejorar el inventario de especies vegetales actual, su distribución espacial y la cantidad de biomasa foliar.	La mejor clasificación de las especies vegetales así como su distribución espacial, dependerán de los estudio que se realicen dentro del área inventariada, de otra manera seguiremos adaptando los factores de emisión que más se asemejen a la vegetación local.
Determinar y emplear la metodología que muestre el nivel de incertidumbre más bajo en el calculo de PM_{10} y $PM_{2.5}$.	El cálculo de emisión de PM_{10} , se realizó en base al Programa de Inventario de Emisiones para México, ajustando los factores de la ecuación de erosionabilidad del suelo con los datos disponibles en la ZMVM. Conforme existan estudios o investigaciones que ayuden a disminuir la incertidumbre de los datos empleados, estos podrán ser remplazados.