



**PROYECCIONES DE LOS INVENTARIOS DE EMISIÓN AL 2020 PARA
LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO**

Contaminantes criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero

INFORME FINAL

QUE PRESENTA EL
INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM
A LA COMISIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA
FIDEICOMISO AMBIENTAL 1490

Claudia Sheinbaum Pardo
Guillermo Robles Morales
Carlos Chávez Baeza
Juan Carlos Solís Ávila

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	6
2. LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO.....	8
2.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS	8
2.2 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS.....	10
2.3 LA ECONOMÍA DE LA ZMVM	17
2.4 LA INDUSTRIA EN LA ZMVM	18
2.5 COMERCIOS Y SERVICIOS.....	19
2.6 TRANSPORTE DE PASAJEROS EN LA ZMVM	22
3. METODOLOGÍA.....	29
3.1 INVENTARIO DE CONTAMINANTES CRITERIO	29
3.1.1 Fuentes puntuales.....	29
3.1.2 Fuentes de área.....	30
3.1.3 Fuentes móviles.....	30
3.2 INVENTARIO DE CONTAMINANTES TÓXICOS.....	34
3.3 INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	34
3.4 METODOLOGÍA PARA CALCULAR ESCENARIOS DE EMISIÓN	34
3.4.1 Fuentes puntuales.....	35
3.4.2 Fuentes de área.....	36
3.4.2 Fuentes móviles.....	39
4. RESULTADOS	44
4.1 Fuentes puntuales.....	44
4.1.1 Contaminantes criterio, fuentes puntuales.....	44
4.1.2 Contaminantes tóxicos, fuentes puntuales.....	48
4.1.3 Gases de efecto invernadero, fuentes puntuales.....	50
4.2 Fuentes de área.....	53
4.2.1 Contaminantes criterio, fuentes de área.....	53
4.2.2 Contaminantes tóxicos, fuentes de área.....	58
4.2.3 Gases de efecto invernadero, fuentes de área.....	60
4.3 Fuentes móviles.....	63
4.3.1 Parque vehicular	63
4.3.2 Contaminantes criterio, fuentes móviles.....	64
4.3.3 Contaminantes tóxicos, fuentes móviles.....	69
4.3.4 Gases de efecto invernadero, fuentes móviles.....	69
5. CONCLUSIONES.....	74
REFERENCIAS	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	9
TABLA 2.2. POBLACIÓN URBANA Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	14
TABLA 2.2. POBLACIÓN URBANA Y DENSIDAD DE POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (CONTINUACIÓN)	15
TABLA 2.3. TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DE LA POBLACIÓN POR MUNICIPIO	16
2000-2005	16
TABLA 2.4 PIB NACIONAL Y PARTICIPACIÓN DE LAS DOS ENTIDADES	18
TABLA 2.5 TASA DE CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL DEL PIB POR SECTORES, NIVEL NACIONAL Y PARA LAS DOS ENTIDADES 2003-2008	18
TABLA 2.6 PIB DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA POR GRANDES RAMAS PARA LAS DOS ENTIDADES	20
TABLA 2.6 PIB DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA POR GRANDES RAMAS PARA LAS DOS ENTIDADES (CONTINUACIÓN)	21
TABLA 2.7 FLOTA VEHICULAR REGISTRADA EN LA ZMVM, 2008	23
TABLA 2.8 PARQUE VEHICULAR DE AUTOS PARTICULARES POR EDAD Y COMBUSTIBLE, ZMVM (2008).....	25
TABLA 2.9 PARQUE VEHICULAR DE TAXIS, VAGONETAS Y MICROBUSES POR EDAD Y COMBUSTIBLE, ZMVM (2008)	26
TABLA 2.10 PARQUE VEHICULAR DE AUTOBUSES POR EDAD Y COMBUSTIBLE, ZMVM (2008)	27
TABLA 2.11 PARQUE VEHICULAR DEL TRANSPORTE DE CARGA POR EDAD Y COMBUSTIBLE, ZMVM (2008)	28
TABLA 3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS RAMAS Y SUBSECTORES DE ACTIVIDAD EN LA ZMVM.....	32
TABLA 3.2 FUENTES DE ÁREA CONSIDERADAS EN EL INVENTARIO DE EMISIONES	33
TABLA 3.3 CONSIDERACIONES PARA LOS ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL PIB PARA FUENTES PUNTUALES; TASA DE CRECIMIENTO ANUAL.	35
TABLA 3.4 CONSIDERACIONES DE LOS ESCENARIOS PARA FUENTES MÓVILES	36
TABLA 3.5 INDICADORES PARA LAS FUENTES DE ÁREA	37
TABLA 3.6 INDICADORES PARA LAS FUENTES DE ÁREA (CONTINUACIÓN)	38
TABLA 3.7 CONSIDERACIONES DE LOS ESCANRIOS PARA FUENTES DE ÁREA	39
TABLA 3.8 DATOS DE ACTIVIDAD PARA LOS AUTOS PARTICULARES.....	40
TABLA 3.9 ACTIVIDAD DE LA FLOTA VEHICULAR DE LA ZMVM	40
TABLA 3.10 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE LAS VENTAS DE AUTOS PARTICULARES, MOTOCICLETAS Y TRANSPORTE DE CARGA PARA LOS TRES ESCANRIOS (2008-2020)	41
TABLA 3.11 TASA DE CRECIMIENTO DEL PARQUE VEHICULAR DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS (2008-2020)	41
TABLA 3.12 RENDIMIENTOS DE COMBUSTIBLE PROMEDIO DE CIUDAD POR AÑO MODELO PARA AUTO PRIVADO, TAXI, COMBI Y PICK-UP	42
TABLA 3.13 RENDIMIENTOS DE COMBUSTIBLE DE TRANSPORTE PÚBLICO Y DE CARGA.....	43
TABLA 3.14 CONSIDERACIONES DE LOS ESCENARIOS PARA FUENTES DE ÁREA	43
TABLA 4.1 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES PUNTUALES	45
EN LA ZMVM (INVENTARIO 2008).....	45
TABLA 4.2 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES PUNTUALES	45
EN LA ZMVM. ESCENARIO TENDENCIAL (AÑO 2012)	45

TABLA 4.3 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES PUNTUALES EN LA ZMVM	46
ESCENARIO TENDENCIAL (AÑO 2016)	46
TABLA 4.4 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES PUNTUALES EN LA ZMVM	46
ESCENARIO TENDENCIAL (AÑO 2020)	46
TABLA 4.5 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES PUNTUALES EN LA ZMVM..	47
TABLA 4.6 CRECIMIENTO EN LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES PUNTUALES EN LA ZMVM	47
(2008-2020).....	47
TABLA 4.7 CONTAMINANTES TÓXICOS, ZMVM. FUENTES PUNTUALES.	49
ESCENARIO TENDENCIAL (2008-2020)	49
TABLA 4.8 CONTAMINANTES TÓXICOS, FUENTES PUNTUALES (2020)	50
TABLA 4.9 EMISIONES CO ₂ EQUIVALENTE DE FUENTES PUNTUALES PARA ZMVM (2008)	50
TABLA 4.10 EMISIONES CO ₂ EQUIVALENTE DE FUENTES PUNTUALES PARA ZMVM.....	51
ESCENARIO TENDENCIAL (AÑO 2012)	51
TABLA 4.11 EMISIONES CO ₂ EQUIVALENTE DE FUENTES PUNTUALES PARA ZMVM.....	51
ESCENARIO TENDENCIAL (AÑO 2016)	51
TABLA 4.12 EMISIONES CO ₂ EQUIVALENTE DE FUENTES PUNTUALES PARA ZMVM.....	52
ESCENARIO TENDENCIAL (AÑO 2020)	52
TABLA 4.13 COMPARACIÓN DE EMISIONES DE GEI PARA FUENTES PUNTUALES EN LA ZMVM	52
TABLA 4.14 CRECIMIENTO EN LAS EMISIONES DE GEI PARA FUENTES PUNTUALES (2008-2020)	52
TABLA 4.15 EMISIONES EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES DE ÁREA EN LA ZMVM (INVENTARIO	54
2008)	54
TABLA 4.16 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES DE ÁREA EN LA ZMVM (AÑO	55
2012)	55
TABLA 4.17 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES DE ÁREA EN LA ZMVM (AÑO	56
2016)	56
TABLA 4.18 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES DE ÁREA EN LA ZMVM (AÑO	57
2020)	57
TABLA 4.19 COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIOS. CONTAMIANTES CRITERIO. FUENTES DE ÁREA. ZMVM.....	58
TABLA 4.20 COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIOS (2008-2020). FUENTES DE ÁREA.	58
CONTAMIANTES CRITERIO, ZMVM	58
TABLA 4.21 CONTAMINANTES TÓXICOS, ZMVM. FUENTES DE ÁREA. ESCENARIO TENDENCIAL.....	59
(2008-2020).....	59
TABLA 4.22. CONTAMINANTES TÓXICOS, FUENTES DE ÁREA (2020).....	60
TABLA 4.23 EMISIONES DE GEI, FUENTES DE ÁREA, ZMVM (2008)	61
MILES DE TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE	61
TABLA 4.24 EMISIONES DE GEI, FUENTES DE ÁREA, ESCENARIO TENDENCIAL, ZMVM (2012)	61
MILES DE TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE	61
TABLA 4.25 EMISIONES DE GEI, FUENTES DE ÁREA, ESCENARIO TENDENCIAL, ZMVM (2016)	62
MILES DE TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE	62
TABLA 4.26 EMISIONES DE GEI, FUENTES DE ÁREA, ESCENARIO TENDENCIAL, ZMVM (2020)	62

MILES DE TONELADAS DE CO ₂ EQUIVALENTE	62
TABLA 4.27 COMPARACIÓN DE EMISIONES DE GEI PARA FUENTES DE ÁREA PARA TRES ESCENARIOS, ZMVM	63
TABLA 4.28 COMPARACIÓN ENTRE ESCENARIOS (2008-2020). FUENTES DE ÁREA. EMISIONES DE GEI, ZMVM.....	63
TABLA 4.29 PARQUE VEHICULAR DE PASAJEROS, TRES ESCENARIOS	64
TABLA 4.30 PARQUE VEHICULAR DE CARGA, TRES ESCENARIOS	64
TABLA 4.31 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES MÓVILES ZMVM (AÑO 2008)	66
TABLA 4.32 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES MÓVILES ZMVM (2012)	66
TABLA 4.33 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES MÓVILES ZMVM (2016)	67
TABLA 4.34 EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES MÓVILES ZMVM (2020)	67
TABLA 4.35 REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA EL ESCENARIO TENDENCIAL, POR LA COMERCIALIZACIÓN MASIVA DE COMBUSTIBLES DE BAJO CONTENIDO DE AZUFRE PARA LAS FUENTES MÓVILES	68
TABLA 4.36 EMISIONES TOTALES DE CONTAMINANTES CRITERIO, FUENTES MÓVILES PARA LOS TRES ESCENARIOS	68
TABLA 4.37 CAMBIO PORCENTUAL EN LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO PARA FUENTES MÓVILES (2008- 2020)	69
TABLA 4.38 CONTAMINANTES TÓXICOS, ESCENARIO TENDENCIAL, FUENTES MÓVILES, ZMVM	70
TABLA 4.39 (CONTINUACIÓN)	71
TABLA 4.40 EMISIONES DE GEI, FUENTES MÓVILES (INVENTARIO 2008)	71
TABLA 4.41 EMISIONES DE GEI, FUENTES MÓVILES, ESCENARIO TENDENCIAL, ZMVM.....	72
(2012).....	72
TABLA 4.42 EMISIONES DE GEI, FUENTES MÓVILES, ESCENARIO TENDENCIAL, ZMVM.....	72
(2016).....	72
TABLA 4.43 EMISIONES DE GEI, FUENTES MÓVILES, ESCENARIO TENDENCIAL, ZMVM.....	73
(2020).....	73
TABLA 4.44 EMISIONES DE GEI, TRES ESCENARIOS, FUENTES MÓVILES, ZMVM	73
TABLA 4.45 COMPARACIÓN DE EMISIONES DE GEI, FUENTES MÓVILES, ZMVM (2008-2020)	73
TABLA 5.1 INVENTARIO DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL (2008)	77
TABLA 5.1 INVENTARIO DE CONTAMINANTES CRITERIO, ESCENARIO TENDENCIAL (2020)	78
TABLA 5.3 CONTRIBUCIÓN DE CADA SECTOR POR CONTAMINANTE (2008 Y 2020).....	79
TABLA 5.4 CONTRIBUCIÓN DE LOS MODOS DE TRANSPORTE A LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO EN LAS FUENTES MÓVILES (ESCENARIO TENDENCIAL)	79
TABLA 5.5 COMPARACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO	80
TABLA 5.6 CRECIMIENTO EN LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITERIO (2008-2020)	80
TABLA 5.7 INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI (2008).....	81
TABLA 5.8 INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI, ESCENARIO TENDENCIAL (2020)	82
TABLA 5.9 CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR SECTOR (ESCENARIO TENDENCIAL)	83
TABLA 5.10 EMISIONES TOTALES DE GEI (TRES ESCENARIOS)	83
TABLA 5.11 VARIACIÓN 2008-2020, EMISIONES DE GEI	83
TABLA 5.12 CONTAMINANTES TÓXICOS	84

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 POBLACIÓN POR AGEB EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	12
FIGURA 2.2. DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.....	13
FIGURA 2.4 LÍNEAS DEL METROBÚS. ZMVM.....	24
FIGURA 2.4 LÍNEAS DEL METRO. ZMVM	24
FIGURA 4.1 ESCENARIOS DE CONTAMINANTES CRITERIO, FUENTES PUNTUALES. ZMVM.....	47
FIGURA 4.3 CRECIMIENTO DE LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR INDUSTRIAL EN LA ZMVM.....	53
(MILES DE TONELADAS EQUIVALENTES DE CO2)	53
(2008-2020).....	53

1. INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es construir escenarios de emisión de contaminantes criterio y tóxicos, así como de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de actividades antropogénicas, para el año 2020, para la Zona Metropolitana del Valle de México. Los escenarios de emisión se elaboran de acuerdo a consideraciones de crecimiento económico y de población y se clasifican en alto, medio y bajo.

Los escenarios de emisión son una herramienta indispensable para la elaboración de políticas de calidad del aire y de mitigación de GEI. Permiten establecer prospectivas a futuro de las emisiones, visualizar los sectores y actividades clave que potenciarán el crecimiento de las emisiones y a partir de ahí fijar metas de reducción de de acuerdo con medidas específicas y el cálculo de sus costos.

Los llamados contaminantes criterio son aquellos que, dependiendo de su concentración en la atmósfera, pueden representar un daño a la salud humana y de los seres vivos o pueden llegar a afectar la infraestructura. De acuerdo con la clasificación de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA, 2010a), los contaminantes criterio son el dióxido de azufre (SO_2), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos totales (COT), los compuestos orgánicos volátiles (COV), el amoníaco (NH_3), las partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}) y las partículas menores a 2.5 micrómetros ($\text{PM}_{2.5}$).

Los contaminantes tóxicos del aire son sustancias venenosas que provienen de fuentes naturales (por ejemplo, el gas radón que viene de la tierra) o de fuentes antropogénicas y pueden dañar el ambiente o la salud. Al inhalar los contaminantes tóxicos, pueden aumentar las posibilidades de experimentar problemas de salud. Por ejemplo, inhalando los humos del benceno que provienen de un automóvil, puede aumentar las posibilidades de experimentar enfermedades como la leucemia (EPA, 2010). Los contaminantes tóxicos que evalúa la SMA-GDF (SMA, 2010b) están asociados a algunos COV y son: Tolueno ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$), Metanol (CH_3OH), 1,1,1-Tricloroetano ($\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$), Xilenos (o-xileno, m-xileno, pxileno), n-Hexano (C_6H_{14}), Metil Terbutil Éter (MTBE; $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$), Tricloroetileno (C_2HCl_3), Benceno (C_6H_6), y Formaldehído (CH_2O).

Los gases de efecto invernadero son aquellos que provocan el cambio climático global y de acuerdo con el IPCC y el inventario de GEI de la SMA-GDF (2010c), son principalmente el bióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nítrico (N_2O).

Por otro lado, las emisiones pueden ser divididas en cuatro categorías de acuerdo con sus fuentes. Las fuentes puntuales que corresponden a grandes instalaciones industriales. Las fuentes de área que corresponden a instalaciones distribuidas ampliamente en el territorio, como son las viviendas, el sector comercial y otras. Las fuentes móviles se refieren a todos los vehículos para carga y pasajeros. Finalmente la categoría de fuentes naturales.

El trabajo se divide en seis partes. Después de la introducción, el segundo segmento del trabajo presenta un panorama de la ZMVM. El tercer capítulo describe la metodología para estimar los escenarios de emisión. El cuarto presenta los inventarios de emisión para contaminantes criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero para el período comprendido de 2008 a 2020. La quinta parte explica los resultados obtenidos y la sexta presenta las conclusiones y recomendaciones.

2. LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es producto del proceso de urbanización del Distrito Federal sobre su periferia, que fue absorbiendo pueblos, ciudades pequeñas y ámbitos rurales, ya sea como zonas predominantemente habitacionales o como centros de actividad económica entre los cuales la población se desplaza de manera cotidiana, conformando un conjunto de unidades político-administrativas contiguas, integradas social y económicamente y determinando una nueva funcionalidad espacial (PNUMA, SMA, GEO, 2003).

En el Distrito Federal (DF), viven más de 8.72 millones de personas y se concentra el 22% del PIB nacional. La capital forma parte de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), que de acuerdo con el INEGI a partir de 2006, incluye a las 16 delegaciones del Distrito Federal (DF), 59 municipios conurbados del Estado de México y 1 municipio del Estado de Hidalgo (INEGI, 2006); en ella viven cerca de 20 millones de habitantes, que corresponden a poco más del 18% de la población total del país y representa alrededor del 35% de la generación de la riqueza nacional (Sheinbaum, 2008).

De acuerdo con esta definición, la ZMVM se sitúa dentro del sistema formado por las siguientes coordenadas geográficas: al Norte, 20° 03', al Sur, 18° 56'; de latitud Norte al Este 98° 36', al Oeste 99° 40' de longitud Oeste. Abarca una superficie que representa el 0.39% del total nacional. Gran parte de la ZMVM presenta alturas que van desde los 2,240 metros sobre el nivel del mar (msnm) en sus partes planas, hasta sus elevaciones principales, el Cerro Telapón con 4,030 msnm y el Volcán Ajusco con 3,930 msnm.

La ZMVM es parte de un sistema más complejo de relaciones económicas y sociales que se han establecido entre las diversas ciudades de la región central del país en el marco de una megalópolis (Iracheta, 1997), que incluye las zonas metropolitanas de Toluca-Lerma, Cuernavaca-Cuautla, Puebla-Tlaxcala y Pachuca en los estados de México, Morelos y Guerrero, Puebla y Tlaxcala, e Hidalgo respectivamente.

El Gobierno del Distrito Federal y el del Estado de México definieron en el 2006 a la ZMVM como aquella que integra a las 16 delegaciones del DF y a 59 municipios del Estado de México, excluyendo al municipio hidalguense de Tizayuca (GDF, 2006a). Esta es la definición que se incorpora en este trabajo (Tabla 2.1).

2.1 Características geográficas

La llamada Cuenca de México se localiza en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano. El valle, situado a una altitud cercana a los 2,400 msnm, es el más alto de la región y se encuentra rodeado por montañas que alcanzan elevaciones superiores a los 5,000 metros. La temperatura promedio anual es de 15 grados centígrados. La mayor parte de los 700 milímetros de agua de lluvia que caen anualmente en la región se concentra en unas cuantas tormentas intensas, las cuales se presentan por lo regular de

junio a septiembre; durante el resto del año las precipitaciones pluviales suelen ser escasas o nulas (Sheinbaum, 2008).

Tabla 2.1 Zona Metropolitana del Valle de México

Delegaciones del Distrito Federal		Municipios del Estado de México	
1	Álvaro Obregón	23	Huixquilucan
2	Azcapotzalco	24	Isidro Fabela
3	Benito Juárez	25	Ixtapaluca
4	Coyoacán	26	Jaltenco
5	Cuajimalpa de Morelos	27	Jilotzingo
6	Cuauhtémoc	28	Juchitepec
7	Gustavo A. Madero	29	Melchor Ocampo
8	Iztacalco	30	Naucalpan de Juárez
9	Iztapalapa	31	Nextlalpan
10	La Magdalena Contreras	32	Nezahualcóyotl
11	Miguel Hidalgo	33	Nicolás Romero
12	Milpa Alta	34	Nopaltepec
13	Tláhuac	35	Otumba
14	Tlalpan	36	Ozumba
15	Venustiano Carranza	37	Papalotla
16	Xochimilco	38	La Paz
Municipios del Estado de México		39	San Martín de las Pirámides
1	Acolman	40	Tecámac
2	Amecameca	41	Temamatla
3	Apaxco	42	Temascalapa
4	Atenco	43	Tenango del Aire
5	Atizapán de Zaragoza	44	Teoloyucan
6	Atlautla	45	Teotihuacán
7	Axapusco	46	Tepetlaxtóc
8	Ayapango	47	Tepetlixpa
9	Coacalco de Berriozábal	48	Tepotzotlán
10	Cocotiltlán	49	Tequixquiác
11	Coyotepec	50	Texcoco
12	Cuautitlán	51	Tezoyuca
13	Cuautitlán Izcalli	52	Tlalamalco
14	Chalco	53	Tlalnepantla de Baz
15	Chiautla	54	Tonanitla
16	Chocoloapan	55	Tultepec
17	Chiconcoac	56	Tultitlán
18	Chimalhuacán	57	Valle de Chalco Solidaridad
19	Ecatepec de Morelos	58	Villa del Carbón
20	Ecatzingo	59	Zumpango
21	Huehueteca		
22	Hueypoxtla		

Fuente: INEGI (2005)

Desde el punto de vista atmosférico, los principales factores fisiográficos que afectan la calidad del aire en la Cuenca de México son el entorno montañoso, la altitud y la latitud tropical. El primero constituye una barrea natural que dificulta la libre circulación del

viento y la dispersión de los contaminantes; en tanto que la altitud no sólo representa 18% menos de oxígeno, sino que es apta para que ocurran inversiones térmicas, fenómeno natural que causa un estancamiento temporal de las masas de aire en la atmósfera invirtiendo en las capas más bajas el gradiente de temperatura. El estancamiento aumenta la concentración de contaminantes en la parte cercana al suelo y perdura hasta que se calienta la atmósfera por la radiación solar, de tal forma que la inversión “se rompe” y entonces se dispersan los contaminantes (SMA, 2006; Sheinbaum, 2008).

Por la posición continental de la Cuenca de México entre dos océanos son frecuentes los sistemas anticiclónicos, los cuales generan grandes masas de aire inmóvil en las partes altas de la atmósfera, provocando menos viento en las partes bajas y por tanto poca dispersión de contaminantes. Finalmente, debido a su latitud tropical, la intensa radiación solar favorece la formación de ozono, resultado de las reacciones que ocurren principalmente entre los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles y la radiación ultravioleta.

2.2 Características demográficas

En 1950 la población del Distrito Federal era de 3 millones de habitantes y la de la zona metropolitana de 3.5 millones. Para 1980 ambas poblaciones crecieron hasta llegar a 8.8 y a 13 millones de habitantes respectivamente. Para el año 2000, la ZMVM tenía una población total de 18.4 millones de habitantes y el Distrito Federal contaba sólo con 8.6 millones. De acuerdo con el conteo de 2005 la población de la ZMVM llegó a 19.2 millones y la del DF a 8.7 millones (INEGI, 2000a y 2005a).

Para 2005, la Zona Metropolitana del Valle de México tenía una población de 19'239,910 habitantes, con un promedio de 8,644 habitantes por km² urbanizado (INEGI, 2005a).

La Tabla 2.2 presenta la población urbana y la densidad de la población en cada uno de los municipios y delegaciones de la ZMVM para 2005. Sobresalen con más de un millón de habitantes, dos delegaciones del DF y dos municipios del Estado de México, todos ellos ubicados en la zona noreste en los límites del DF y el Estado de México. Estos municipios son: Iztapalapa, Ecatepec de Morelos, Gustavo A. Madero y Nezahualcóyotl.

Con entre 521 mil y 822 mil habitantes, se tienen los municipios y delegaciones siguientes: Naucalpan de Juárez, Álvaro Obregón, Tlalnepantla de Baz, Coyoacán, Tlalpan, Chimalhuacán y Cuauhtémoc. Tres de las delegaciones y municipios se encuentran en la periferia de la ZMVM, al poniente (Álvaro Obregón), sur (Tlalpan) y oriente (Chimalhuacán).

Con más de 300,000 y menos de medio millón de habitantes, se tienen los municipios y delegaciones siguientes: Cuautitlán Izcalli, Tultitlán, Atizapán de Zaragoza, Venustiano Carranza, Ixtapaluca, Azcapotzalco, Xochimilco, Iztacalco, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Tláhuac, Valle de Chalco Solidaridad y Nicolás Romero.

Por otro lado, 17 municipios tienen menos de 30,000 habitantes urbanos: Otumba, Jaltenco, Apaxco, Tepetlaoxtoc, Tezoyuca, Atlautla, Ozumba, Chiautla, Nextlalpan, Axapusco, San Martín de las Pirámides, Juchitepec, Chiconcuac, Tepetlixpa, Jilotzingo, Cocotitlán y Temamatla.

Y sólo 7 municipios que no llegan a los 10,000 habitantes urbanos: Tenango del Aire, Isidro Fabela, Ecatingo, Nopaltepec, Tonanitla, Ayapango y Papalotla.

En cuanto a densidad poblacional, el promedio de la ZMVM es de 8,644 habitantes por km² urbanizado. El municipio con mayor densidad es Nezahualcoyotl, con 22,170 habitantes por km² urbanizado y diez delegaciones y siete municipios superan el promedio: Iztacalco, Iztapalapa, Cuauhtémoc, Chimalhuacán, Gustavo A. Madero, Benito Juárez, Venustiano Carranza, Coacalco de Berriozábal, Ecatepec de Morelos, Azcapotzalco, Valle de Chalco Solidaridad, La Magdalena Contreras, Coyoacán, Naucalpan de Juárez, Álvaro Obregón, Tlalnepantla de Baz y Tultitlán.

Con una densidad superior al promedio de la ZMM (5,247), se tienen los siguientes 13 municipios y dos delegaciones: Tultepec, Tlalpan, Atizapán de Zaragoza, Juchitepec, San Martín de las Pirámides, Xochimilco, Chalco, Tenango del Aire, Cuautitlán Izcalli, Huixquilucan, Nicolás Romero, Jaltenco, Cocotitlán, Temamatla y Ayapango.

Por otro lado, con una densidad inferior a 2,000 habitantes por km² urbanizado se tienen los municipios siguientes: Hueypoxtla, Papalotla, Nopaltepec, Tequixquiac y Ecatingo.

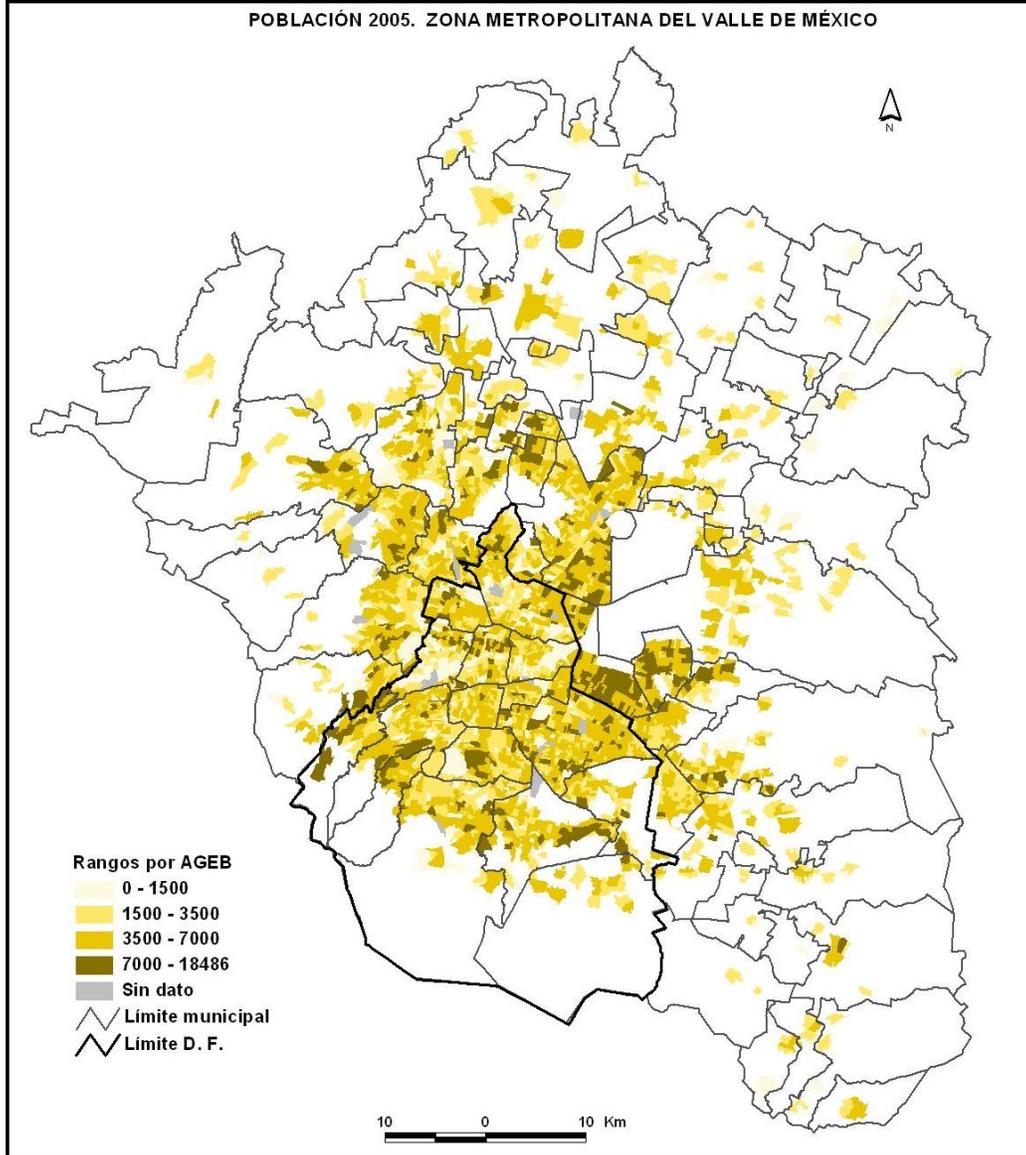
La Figura 2.1 muestra la población por áreas geoestadísticas básicas –AGEB- (población urbana) en la ZMVM, donde es posible observar que la población se concentra principalmente en ambos lados de los límites del Distrito Federal y el Estado de México. También se observa que existen una gran cantidad de pequeñas áreas urbanas que aún no están unidas al resto de la mancha urbana. Con la tendencia actual, la mancha urbana se extenderá principalmente a los municipios del oriente y norte de la ZMVM (Sheinbaum et al. 2009).

Por su parte la Figura 2.2 muestra la densidad de población por AGEB (habitantes /km² urbanizado) en la ZMVM. Las AGEBs con densidades de 25,500 a 72,170 habitantes por km² (en color vino), predominan en Nezahualcoyotl, Iztacalco, Iztapalapa; pero también en áreas específicas de Cuauhtémoc, Ecatepec de Morelos, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Naucalpan de Juárez y Coyoacán, entre otros (Sheinbaum et al. 2009).

Es importante destacar que la dinámica de crecimiento poblacional es mayor en los municipios del Estado de México que en el Distrito Federal. Si bien Iztapalapa es la delegación con mayor población (1.82 millones de habitantes), la población en esta delegación creció entre 2000 y 2005 a tasa anual de 0.5% y la población de Gustavo A. Madero decrece a una tasa de 0.7% por año, en el municipio de Ixtapaluca la población crece a una tasa de 7.6% anual y Chalco a 3.4% anual (Tabla 2.3).

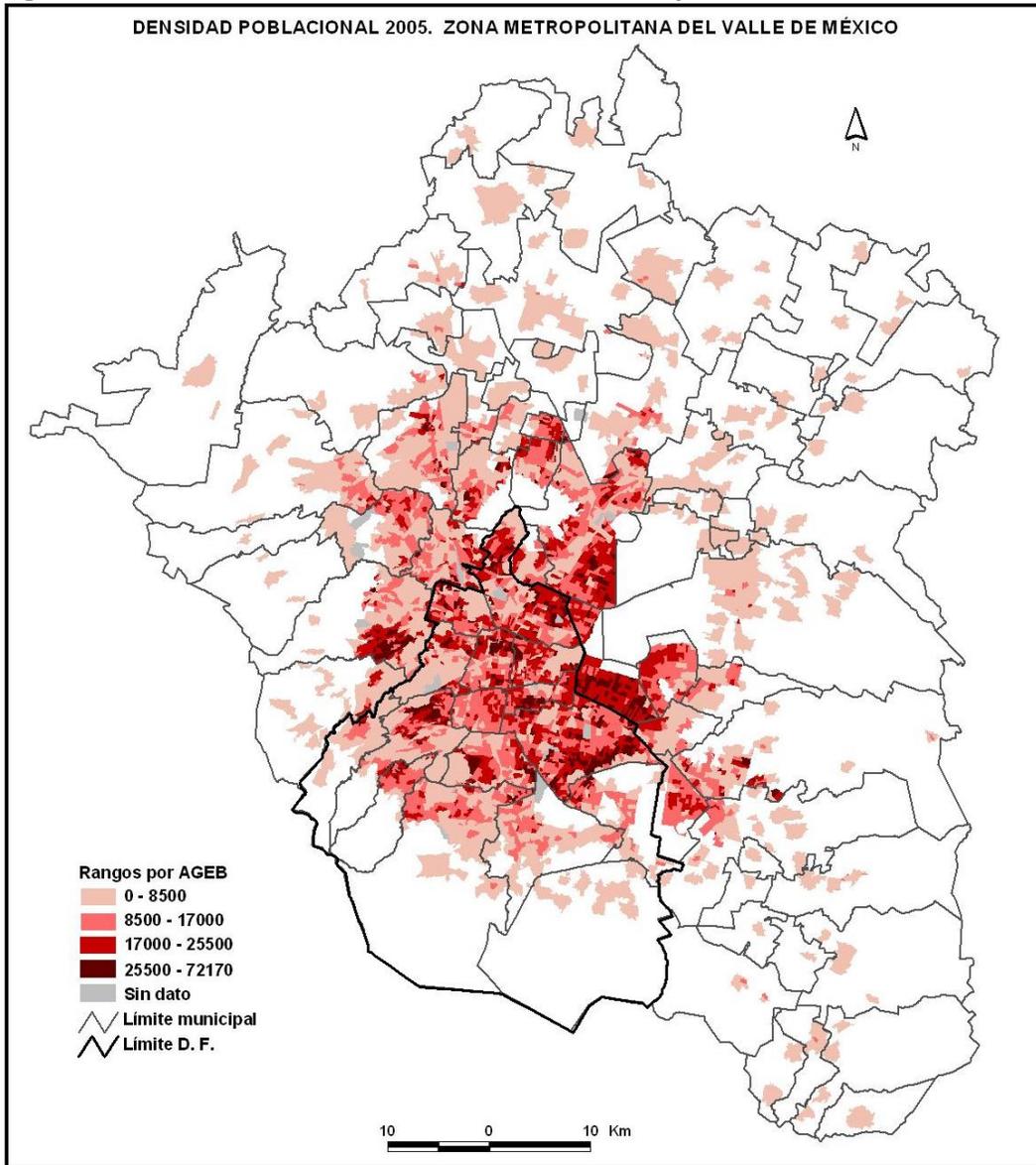
El aumento poblacional en la ZMVM representa problemas ambientales importantes, sobre todo si estos se dan en un patrón de crecimiento horizontal y de manera desordenada como ha venido ocurriendo en la ZMVM. Entre estos problemas y relacionados con contaminación atmosférica destacan los derivados del aumento en la demanda de transporte y en particular, el aumento en la distancia de los viajes.

Figura 2.1 Población por AGEB en la Zona Metropolitana del Valle de México



Fuente: Lozano (2009) con información de INEGI (2005a, b, c).
Presentada previamente en Sheinbaum, et al. 2009

Figura 2.2. Densidad de Población en la Zona Metropolitana del Valle de México



Fuente: Lozano (2009) con información de INEGI (2005a, b, c).
Presentada previamente en Sheinbaum. et al. 2009

Tabla 2.2. Población urbana y densidad de población de los Municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México

Municipios		Población Municipal 2005	Densidad Población
09002	Azcapotzalco	425,298	12,694
09003	Coyoacán	628,063	11,635
09004	Cuajimalpa de Morelos	173,625	5,184
09005	Gustavo A. Madero	1,193,161	13,627
09006	Iztacalco	395,025	17,038
09007	Iztapalapa	1,820,888	16,067
09008	La Magdalena Contreras	228,927	12,079
09009	Milpa Alta	115,895	4,042
09010	Álvaro Obregón	706,567	10,107
09011	Tláhuac	344,106	8,830
09012	Tlalpan	607,545	6,803
09013	Xochimilco	404,458	6,158
09014	Benito Juárez	355,017	13,301
09015	Cuauhtémoc	521,348	15,963
09016	Miguel Hidalgo	353,534	7,618
09017	Venustiano Carranza	447,459	13,264
13069	Tizayuca	56,573	2,335
15002	Acolman	77,035	2,709
15009	Amecameca	48,363	5,122
15010	Apaxco	25,738	3,805
15011	Atenco	42,739	4,780
15013	Atizapán de Zaragoza	472,526	6,581
15015	Atlautla	24,110	2,568
15016	Axapusco	21,915	2,425
15017	Ayapango	6,361	5,437
15020	Coacalco de Berriozábal	285,943	13,146
15022	Cocotitlán	12,120	5,472
15023	Coyotepec	39,341	3,268
15024	Cuautitlán	110,345	7,595
15025	Chalco	257,403	5,901
15028	Chiautla	22,664	2,699
15029	Chicoloapan	170,035	7,608
15030	Chiconcuac	19,656	3,742
15031	Chimalhuacán	525,389	14,442
15033	Ecatepec de Morelos	1,688,258	12,774
15034	Ecatzingo	8,247	1,303
15035	Huehuetoca	59,721	4,786
15036	Hueyoxtla	36,512	1,949
15037	Huixquilucan	224,042	5,817
15038	Isidro Fabela	8,788	7,722

Fuente: Lozano (2009) con información de INEGI (2005a, b, c).
Presentada previamente en Sheinbaum. et al. 2009

Tabla 2.2. Población urbana y densidad de población de los Municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México (continuación)

Municipios		Población Municipal 2005	Densidad Población
15039	Ixtapaluca	429,033	8,885
15044	Jaltenco	26,359	5,621
15046	Jilotzingo	13,825	2,940
15050	Juchitepec	21,017	6,578
15053	Melchor Ocampo	37,706	3,981
15057	Naucalpan de Juárez	821,442	10,398
15058	Nezahualcóyotl	1,140,528	22,170
15059	Nextlalpan	22,507	2,457
15060	Nicolás Romero	306,516	5,750
15061	Nopaltepec	8,182	1,446
15065	Otumba	29,873	2,384
15068	Ozumba	24,055	3,662
15069	Papalotla	3,766	1,720
15070	La Paz	232,546	8,667
15075	San Martín de las Pirámides	21,511	6,197
15081	Tecámac	270,574	5,185
15083	Temamatla	10,135	5,458
15084	Temascalapa	33,063	2,157
15089	Tenango del Aire	9,432	5,884
15091	Teoloyucán	73,696	3,893
15092	Teotihuacán	46,779	3,450
15093	Tepetlaoxtoc	25,523	2,231
15094	Tepetlixpa	16,912	2,078
15095	Tepetzotlán	67,724	2,651
15096	Tequixquiac	31,080	1,385
15099	Texcoco	209,308	2,655
15100	Tezoyuca	25,372	3,628
15103	Tlalmanalco	43,930	4,917
15104	Tlalnepantla de Baz	683,808	9,657
15108	Tultepec	110,145	7,203
15109	Tultitlán	472,867	9,548
15112	Villa del Carbón	39,587	3,976
15120	Zumpango	127,988	3,260
15121	Cuautitlán Izcalli	498,021	5,850
15122	Valle de Chalco Solidaridad	332,279	12,665
15125	Tonanitla	8,081	3,843
Zona Metropolitana del Valle de México		19,239,910	8,644

Fuente: Lozano (2009) con información de INEGI (2005a, b, c).
Presentada previamente en Sheinbaum, et al. 2009

Tabla 2.3. Tasa de crecimiento promedio anual de la población por municipio 2000-2005

Distrito Federal		Estado de México	
Álvaro Obregón	0.6%	Hueyoxtla	1.8%
Azcapotzalco	-0.7%	Huixquilucan	3.0%
Benito Juárez	-0.3%	Isidro Fabela	1.5%
Coyoacán	-0.4%	Ixtapaluca	7.6%
Cuajimalpa de Morelos	2.8%	Jaltenco	-3.6%
Cuauhtémoc	0.2%	Jilotepec	0.9%
Gustavo A, Madero	-0.7%	Juchitepec	2.1%
Iztacalco	-0.8%	La Paz	1.8%
Iztapalapa	0.5%	Melchor Ocampo	0.0%
La Magdalena Contreras	0.6%	Naucalpan de Juárez	-0.9%
Miguel Hidalgo	0.1%	Nextlalpan	2.9%
Milpa Alta	3.7%	Nezahualcóyotl	-1.4%
Tláhuac	2.6%	Nicolás Romero	2.6%
Tlalpan	0.9%	Nopaltepec	1.7%
V. Carranza	-0.7%	Otumba	0.5%
Xochimilco	1.8%	Ozumba	0.4%
Estado de México		Papalotla	1.7%
Acolman	4.7%	San Martín de las Pirámides	1.8%
Amecameca	1.3%	Tecámac	9.4%
Apaxco	1.6%	Temamatla	2.8%
Atenco	4.4%	Temascalapa	2.4%
Atizapán de Zaragoza	0.2%	Tenango del Aire	2.1%
Atlautla	-1.5%	Teoloyucán	2.1%
Axapusco	1.3%	Teotihuacán	0.9%
Ayapango	1.4%	Tepetlaotoc	2.3%
Coacalco de Berriozábal	2.5%	Tepetlixpa	0.1%
Cocotitlán	3.5%	Tepotzotlán	1.7%
Coyotepec	2.2%	Tequixquiac	2.1%
Cuautitlán	7.8%	Texcoco	0.5%
Cuautitlán Izcalli	1.9%	Tezoyuca	6.1%
Chalco	3.4%	Tlalmanalco	0.7%
Chiautla	2.9%	Tlalnepantla de Baz	-1.1%
Chicoloapan	17.0%	Tonanitla	
Chiconcuac	1.8%	Tultepec	3.4%
Chimalhuacán	1.4%	Tultitlán	1.8%
Ecatepec de Morelos	0.8%	Valle de Chalco Solidaridad	0.5%
Ecatzingo	0.8%	Villa del Carbón	0.8%
Huehuetoca	9.2%	Zumpango	5.1%

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI.

2.3 La economía de la ZMVM

El esquema centralista que ha caracterizado al desarrollo económico, social y político de México, la ubicación del Distrito Federal en la región centro del país y su característica de ciudad capital han sido determinantes para que la ZMVM se siga desempeñando como el centro económico, político y cultural del país.

Entre 1940 y 1980, época en que el desarrollo económico nacional estuvo sustentado en la expansión del mercado interno y en el desarrollo industrial, la ZMVM tuvo el mayor proceso de concentración económica y demográfica. En esta época se da el fenómeno de integración de la ciudad capital y los municipios del Estado del México ubicados fundamentalmente al Norte del DF, conformando una región económica y funcional en términos urbanos (Sheinbaum, 2008).

En las décadas recientes, la apertura económica del país ha restado importancia al mercado interno y la ZMVM sufrió, al igual que otras regiones del país, un proceso de reducción de la participación del sector industrial en la economía. La aportación al PIB nacional de la región se redujo de 37.7% a 32.5% entre 1980 y 1998 y el PIB per cápita, se desplomó quedando sólo 1.7 veces por encima del PIB per cápita nacional, siendo que en 1980 se ubicaba tres veces arriba (PNUMA, SMA CGEO, 2004).

Con relación a la oferta de trabajo, la ZMVM concentraba casi 3.6 millones de personas empleadas y aproximadamente 26.8% de los empleos del país. De éstos, 31.8% estaban en el sector servicios; las remuneraciones pagadas significan 39.7% del total nacional, del que destaca el subsector servicios financieros y de seguros, con 89.9% a nivel nacional, y el de las comunicaciones, con 85.4% (GDF, 2006a).

De acuerdo con Escobar y Jiménez (2009), la participación del PIB de la ZMVM en el PIB nacional disminuyó de 30.3% en 1993 a 27.4% en 2010 y se espera llegue a 24.3% en 2030. El análisis del PIB para las dos entidades (DF y Estado de México) entre 2003 y 2008, muestra que el PIB del Distrito Federal se incrementó a una tasa promedio anual de 2.3% pero su participación en el PIB nacional disminuyó de 18.5 a 18.0%. En el caso de el Estado de México (no sólo lo que corresponde a la ZMVM sino para toda la entidad), el PIB se incrementó a una tasa promedio anual de 4.3% y su participación en el PIB nacional aumentó de 9.0 a 9.4% (Tabla 2.4). La Tabla 2.5 muestra la tasa de crecimiento anual por sectores a nivel nacional y para las dos entidades. Es claro que el Estado de México ha tenido un mayor crecimiento económico que el Distrito Federal, aun cuando éste sigue representando un porcentaje dos veces mayor en el PIB nacional.

Tabla 2.4 PIB nacional y participación de las dos entidades

Año	Nacional *	DF	Edo.Mex.
2003	7162.8	18.5%	9.0%
2004	7454.1	18.4%	9.0%
2005	7698.2	18.2%	9.2%
2006	8087.5	18.2%	9.2%
2007	8360.9	18.2%	9.3%
2008	8481.4	18.0%	9.4%
TCA	3.4%	2.9%	4.3%

*Miles de millones de pesos de 2003

Fuente: INEGI (2010)

Tabla 2.5 Tasa de crecimiento promedio anual del PIB por sectores, nivel nacional y para las dos entidades 2003-2008

	Nacional	DF	Estado de México
Total	3.4%	2.9%	4.3%
11 Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	2.6%	-1.7%	0.2%
21 Minería	0.1%	0.2%	1.8%
22 Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final	3.8%	1.0%	1.7%
23 Construcción	4.6%	3.7%	5.5%
31-33 Industrias manufactureras	2.9%	1.9%	3.1%
43 y 46 Comercio	5.0%	4.2%	6.2%
48-49 Transportes, correos y almacenamiento	3.7%	2.0%	6.7%
51 Información en medios masivos	10.1%	7.3%	8.1%
52 Servicios financieros y de seguros	15.5%	13.6%	15.3%
53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3.3%	2.8%	3.1%
54 Servicios profesionales, científicos y técnicos	3.5%	1.6%	4.3%
55 Dirección de corporativos y empresas	8.3%	9.2%	4.0%
56 Servicios de apoyo a negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	3.1%	2.1%	5.3%
61 Servicios educativos	1.1%	-0.9%	3.6%
62 Servicios de salud y de asistencia social	2.2%	1.8%	2.5%
71 Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	2.5%	1.7%	2.9%
72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	1.8%	-0.4%	5.0%
81 Otros servicios excepto actividades del gobierno	2.4%	1.0%	3.5%
93 Actividades del gobierno	0.7%	0.9%	2.5%
Servicios de intermediación financiera medidos indirectamente	17.0%	15.6%	13.7%

Fuente: INEGI (2010)

2.4 La industria en la ZMVM

La Tabla 2.6 muestra la evolución del PIB industrial por rama para El Distrito Federal y el Estado de México. En el caso del Distrito Federal, la rama industrial de mayor crecimiento

entre 2003 y 2008 fue la química con 2.9% anual, mientras la industria del papel tuvo una abrupta caída de 6.4% anual en el mismo periodo. El Estado de México la rama industrial de mayor crecimiento es la de maquinaria y equipo y la de menor, también fue la industria del papel.

De acuerdo con el Programa de Aire Limpio para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (SMA-EdoMex, 2007) esta zona representa cerca del 53.5% de la actividad industrial del Estado. Por lo que los datos del Estado de México deben considerarse en su justa dimensión.

De acuerdo con el Censo Económico 2003 realizado por el INEGI existen más de 52 mil industrias manufactureras ubicadas en la ZMVM, de las cuales cerca de 5000 son las que mayores emisiones representan (SMA-GDF, 2010a).

2.5 Comercios y servicios

Las actividades comerciales y de servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional y se han concentrado en las zonas urbanas. Con base en el Sistema Empresarial Mexicano (SIEM), se sabe que para el año 2008, la ZMVM concentraba 259,811 establecimientos registrados, en donde el 95% se dedica al sector comercial y de servicios; de éstos, el 94% se clasifican como micro empresas.

La participación del sector servicios en la generación del PIB es muy significativa, debido al tamaño y cantidad de actividades que concentra y genera en promedio, el 81% del PIB del Distrito Federal (INEGI, 2008).

Tabla 2.6 PIB de la industria manufacturera por grandes ramas para las dos entidades

Distrito Federal	Clasificación	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TCA
311-312. Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	31	147.5	150.2	156.7	164.9	164.2	162.1	1.9%
313-316. Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	32	35.0	34.7	36.3	37.8	37.0	38.1	1.7%
321. Industria de la madera	33	12.9	13.7	13.7	14.5	13.7	13.3	0.6%
322-323. Industrias del papel, impresión e industrias conexas	34	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	-6.4%
324-326. Derivados del petróleo y del carbón; industrias química, del plástico y del hule	35	7.9	7.6	8.1	8.5	8.7	9.1	2.9%
327. Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	36	53.9	55.3	56.6	59.3	60.3	60.0	2.2%
331-332. Industrias metálicas	37	2.6	2.7	3.0	3.0	3.2	2.4	-1.6%
333-336. Maquinaria y equipo	38	12.9	13.1	15.0	15.0	14.6	14.5	2.3%
337. Fabricación de muebles y productos relacionados		13.5	14.1	14.7	16.6	16.4	15.2	2.4%
339. Otras industrias manufactureras	39	4.0	3.8	3.9	4.0	4.3	3.7	-1.5%
Estado de México	Clasificación	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TCA
311-312. Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	31	181.0	189.1	197.5	205.9	212.9	211.0	3.1%
313-316. Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	32	56.4	59.7	65.9	66.6	70.5	68.6	4.0%
321. Industria de la madera	33	11.1	11.7	11.2	11.1	11.2	10.5	-1.1%
322-323. Industrias del papel, impresión e industrias conexas	34	0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.6	-6.7%
324-326. Derivados del petróleo y del carbón; industrias química, del plástico y del hule	35	8.8	8.8	8.8	9.0	9.3	10.0	2.4%
327. Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	36	35.8	36.4	38.5	40.4	40.7	39.2	1.8%
331-332. Industrias metálicas	37	8.3	8.5	8.4	9.2	9.6	9.7	3.1%
333-336. Maquinaria y equipo	38	10.9	12.6	13.8	14.1	14.1	14.3	5.4%
337. Fabricación de muebles y productos relacionados		41.8	43.2	42.5	46.7	48.4	49.9	3.6%
339. Otras industrias manufactureras	39	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.3	1.6%

Tabla 2.6 PIB de la industria manufacturera por grandes ramas para las dos entidades (continuación)

Total Distrito Federal + Estado de México	Clasificación	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TCA
311-312. Industrias alimentaria, de las bebidas y del tabaco	31	91.4	94.3	102.2	104.3	107.5	106.7	3.1%
313-316. Textiles, prendas de vestir y productos de cuero	32	24.0	25.3	24.9	25.5	24.9	23.8	-0.2%
321. Industria de la madera	33	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	-6.6%
322-323. Industrias del papel, impresión e industrias conexas	34	16.7	16.3	16.8	17.5	17.9	19.1	2.6%
324-326. Derivados del petróleo y del carbón; industrias química, del plástico y del hule	35	89.7	91.7	95.1	99.7	101.0	99.3	2.0%
327. Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	36	11.0	11.3	11.4	12.2	12.8	12.1	2.0%
331-332. Industrias metálicas	37	23.9	25.7	28.8	29.2	28.7	28.8	3.8%
333-336. Maquinaria y equipo	38	55.4	57.3	57.2	63.3	64.9	65.0	3.3%
337. Fabricación de muebles y productos relacionados		7.0	7.0	7.1	7.3	7.8	7.0	-0.1%
339. Otras industrias manufactureras	39	8.0	8.8	9.3	10.5	10.5	10.3	5.3%

Fuente: INEGI (2010)

2.6 Transporte de pasajeros en la ZMVM

De acuerdo con la encuesta origen-destino 2007 realizada por el INEGI, para la ZMVM (sólo incluyeron 40 municipios del Estado de México), cada día hábil se efectúan cerca de 22 millones de viajes, de los cuales 6.8 millones (30%) se realizan en transporte privado, mientras que la mayor parte - 14.8 millones - se realizan en transporte público. De estos viajes/día, el 58.4% se realizan en el Distrito Federal y el 41.3% en el Estado de México.

De acuerdo con esta fuente, los viajes realizados por modo de Transporte Público se distribuyen de la siguiente manera: Colectivo, 65%; Taxi, 17%; Metro, 8%; Autobús suburbano, 7%; RTP, 2 %; Trolebús, 1 %; y Metrobus, 0.5 % y el mayor número de viajes por modo de Transporte Privado se realizan en automóvil (92.3%); el 6.4% en Bicicleta y el restante 1.4% en Motocicleta.

En el Distrito Federal, las delegaciones Iztapalapa y Cuauhtémoc son las que producen el mayor número de viajes; mientras que en el Estado de México, el municipio de Ecatepec es donde se genera el mayor número de viajes (SETRAVI, 2008).

Es necesario tomar estos resultados con reservas. Por ejemplo, de acuerdo con los boletos ingresados al Sistema de Transporte Colectivo Metro, en 2007 se registraron 3.7 millones de viajes diarios (STCM, 2008). Si el total de viajes, de acuerdo con la encuesta es de 22 millones diarios, entonces el metro cubrió el 16%. Sin embargo, el resultado de la encuesta origen-destino, es que el metro cubre el 5% de los viajes diarios.

La Tabla 2.7 muestra la desagregación del parque vehicular de vehículos de motor de combustible para el año 2008 (SMA-GDF, 2010). El total de vehículos circulando en la ZMVM llegó a 4,536,914 incluyendo carga, pasajeros y motocicletas.

El transporte privado representa el 81.4% del parque vehicular total, mientras las motocicletas el 5.2% y los taxis el 3.5%. Sin embargo, los modos de transporte con menor parque pero que más pasajeros transportan son las combis, microbuses y autobuses.

Por otro lado, en el año 2005, inició en Distrito Federal una alternativa de transporte masivo de pasajeros denominado Metrobús que es un sistema de autobuses articulados en carril confinado con sistema de prepago y operado por empresas. A la fecha funcionan dos líneas que atraviesan al DF en el sentido Norte-Sur y Oriente-Poniente que mueven cerca de 400 mil pasajeros diarios. La línea tres entrará en operación a inicios del 2011 (Figura 2.3).

Un sistema similar, el Maxibus, inició recientemente en el Estado de México, de Ciudad Azteca a Tecámac, con un trazo de cerca de 16 km.

Con relación a otros modos de transporte masivos, la Figura 2.4 muestra las líneas del metro. La mayoría opera en la región Centro-Norte del DF con excepción de las líneas A (violeta) y B (verde) que llegan al oriente de la ZMVM, en el Estado de México.

Tabla 2.7 Flota vehicular registrada en la ZMVM, 2008

Tipo de Vehículo	Número de vehículos			%
	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM	ZMVM
Pasajeros				
Autos particulares	2,391,049	1,302,302	3,693,351	81.4
Taxis	109,308	47,319	156,627	3.5
Vagonetas y combis	2,695	27,168	29,863	0.7
Microbuses	21,427	12,669	34,096	0.8
Autobuses	34,830	8,876	43,706	1
Motocicletas	219,201	18,607	237,808	5.2
Metrobús	221	N/A	221	N/S
Total	2,778,731	1,416,941	4,195,672	93
Carga				
Pick up	21,883	96,558	118,441	2.6
Vehículos de carga hasta 3 ton	11,336	59,821	71,157	1.6
Tractocamiones ³	54,524	16,531	71,055	1.6
Vehículos de carga de más de 3 ton	40,413	40,176	80,589	1.8
Total	128,156	213,086	341,242	8
TOTAL	2,906,887	1,630,027	4,536,914	100

N/A No Aplica; N/S No Significativo
Fuente: SMA-GDF, 2009

A finales del 2008, entró en operación la línea del tren suburbano, que conecta la zona central del DF con los municipios al norte de la ZMVM (Buenavista-DF a Cuautiltán-Edo Mex). Se trata de un tren concesionado que opera en 27 km de vías y tiene una capacidad para transportar 100 millones de pasajeros al año (273 mil al día).

Para cuantificar las emisiones contaminantes es importante conocer el combustible y la edad del parque vehicular. Las Tablas 2.8 a 2.11 presentan el parque vehicular por edad para el transporte privado de pasajeros, el transporte público de pasajeros y el transporte de carga. Como puede observarse, los vehículos más antiguos están en las categorías de vagonetas, microbuses, autobuses y en general el transporte de carga. Tienen más de 10 años de antigüedad, el 30% de los autos privados y el 18% de taxis que circulan en la ZMVM. Sin embargo, las vagonetas y microbuses con más de 10 años representan el 68% y 99% respectivamente. En la misma condición se encuentran el 47% de las pick-ups, 50% de los camiones y el 63% de los tracto camiones. En este último caso, el 41% tiene más de 18 años de antigüedad.

Tabla 2.8 Parque vehicular de autos particulares por edad y combustible, ZMVM (2008)

	Autos particulares					
	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total	% acumulado
Anteriores a 1990	194,851	14	118	1	194,984	8.2%
1990	36,440	3	37	0	36,480	9.7%
1991	46,036	4	57	0	46,097	11.6%
1992	53,811	2	60	0	53,873	13.9%
1993	56,133	6	59	0	56,198	16.2%
1994	60,744	3	40	1	60,788	18.8%
1995	46,440	9	38	0	46,487	20.7%
1996	44,008	8	26	1	44,043	22.5%
1997	67,519	11	66	0	67,596	25.4%
1998	113,927	11	83	0	114,021	30.1%
1999	95,880	11	50	0	95,941	34.1%
2000	135,059	3	62	1	135,125	39.8%
2001	169,971	11	62	1	170,045	46.9%
2002	178,539	20	77	2	178,638	54.4%
2003	158,117	12	62	0	158,191	61.0%
2004	172,239	12	47	3	172,301	68.2%
2005	194,014	21	145	1	194,181	76.3%
2006	261,138	746	60	3	261,947	87.3%
2007	181,675	676	9	10	182,370	94.9%
2008	120,223	1,505	29	3	121,760	100.0%
Total	2,386,764	3088	1187	27	2,391,066	

Fuente: SMA, GDF

Tabla 2.9 Parque vehicular de taxis, vagonetas y microbuses por edad y combustible, ZMVM (2008)

	Taxis		Vagoneta y combi					Microbuses					
	Gasolina	% acumulado	Gasolina	Diesel	GLP	Total	% acumulado	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total	% acumulado
Anteriores a 1990	27	0%	231	1	1	233	9%	270	-	379	-	649	3.03%
1990	194	0%	140	-	1	141	14%	735	-	2,242	61	3,038	17.21%
1991	912	1%	201	-	-	201	21%	1,939	-	5,104	95	7,138	50.52%
1992	2,089	3%	451	-	2	453	38%	2,505	-	6,498	87	9,090	92.94%
1993	2,592	5%	288	-	2	290	49%	279	-	851	5	1,135	98.24%
1994	3,996	9%	144	-	2	146	54%	28	-	110	-	138	98.88%
1995	1,821	11%	133	-	2	135	59%	25	-	30	-	55	99.14%
1996	978	12%	50	-	2	52	61%	5	-	-	-	5	99.16%
1997	2,200	14%	75	-	4	79	64%	23	-	5	-	28	99.30%
1998	4,137	18%	93	-	1	94	68%	11	-	18	-	29	99.43%
1999	4,415	22%	80	-	2	82	71%	8	-	22	-	30	99.57%
2000	5,979	27%	104	-	-	104	75%	18	-	12	-	30	99.71%
2001	10,652	37%	92	-	-	92	78%	10	6	-	-	16	99.79%
2002	11,021	47%	82	-	1	83	81%	-	-	-	-	-	99.79%
2003	10,778	57%	111	-	-	111	85%	6	6	-	-	12	99.84%
2004	12,138	68%	90	-	-	90	89%	-	-	-	-	-	99.84%
2005	8,230	76%	65	-	-	65	91%	-	-	-	-	-	99.84%
2006	6,344	82%	41	24	-	65	93%	-	3	-	-	3	99.86%
2007	5,829	87%	133	9	-	142	99%	17	4	-	-	21	99.95%
2008	13,709	100%	34	3	-	37	100%	10	-	-	-	10	100.00%
Total	108,041		2,638	37	20	2,695		5,889	19	15,271	248	21,427	

Fuente: SMA-GDF

Tabla 2.10 Parque vehicular de autobuses por edad y combustible, ZMVM (2008)

	Autobús urbano				Autobús interurbano	
	Gasolina	Diesel	Total	% acumulado	Diesel	% acumulado
Anteriores a 1990	35	2838	2873	15%	1,840	12%
1990	5	265	270	17%	340	14%
1991	24	595	619	20%	679	18%
1992	49	556	605	23%	988	24%
1993	63	523	586	26%	1,487	33%
1994	41	467	508	29%	913	39%
1995	50	259	309	31%	248	41%
1996	39	176	215	32%	102	41%
1997	80	294	374	34%	370	44%
1998	146	401	547	37%	540	47%
1999	85	398	483	39%	637	51%
2000	154	773	927	44%	1,276	59%
2001	116	1,908	2,024	55%	1,662	69%
2002	85	1,375	1,460	63%	894	75%
2003	118	1,094	1,212	69%	1,148	82%
2004	127	1,126	1,253	76%	741	87%
2005	133	1,077	1,210	82%	771	92%
2006	144	1,665	1,809	92%	885	97%
2007	14	916	930	97%	225	99%
2008	24	572	596	100%	223	100%
Total	1,532	17,278	18,810		15,969	

Fuente: SMA-GDF

Tabla 2.11 Parque vehicular del transporte de carga por edad y combustible, ZMVM (2008)

	Pick up					Vehículos < 3 Ton					Vehículos > 3 Ton local					Tracto camiones		
	Gasolina	Dies el	GLP	Total	% acumulado	Gasolina	Diesel	GLP	Total	% acumulado	Gasolina	Diesel	GLP	GNC	Total	% acumulado	Diesel	% acumulado
Anteriores a 1990	2,917	2	8	2927	13%	382	1,076	51	1,509	13%	9,489	4,651	666	0	14,806	32%	22,345	41%
1990	560	0	3	563	16%	40	251	18	309	16%	481	243	156	0	880	33%	1,241	43%
1991	597	0	6	603	18%	82	369	27	478	20%	783	464	243	0	1,490	37%	1,698	46%
1992	648	0	4	652	21%	104	190	50	344	23%	920	483	296	0	1,699	40%	1,641	49%
1993	805	1	2	808	25%	115	335	38	488	28%	1,006	497	127	0	1,630	44%	1,581	52%
1994	808	2	3	813	29%	72	393	28	493	32%	912	511	106	0	1,529	47%	1,508	55%
1995	698	2	7	707	32%	66	401	40	507	36%	449	363	81	0	893	49%	955	57%
1996	884	3	3	890	36%	30	60	7	97	37%	243	133	32	0	408	50%	362	57%
1997	1,180	0	8	1,188	41%	53	550	51	654	43%	579	386	101	0	1,066	52%	1,242	60%
1998	1,290	1	4	1,295	47%	60	260	47	367	46%	795	468	175	1	1,439	55%	1,581	63%
1999	683	0	4	687	50%	123	484	24	631	52%	970	688	147	0	1,805	59%	1,593	66%
2000	993	0	4	997	55%	102	509	79	690	58%	1,239	694	292	0	2,225	64%	2,155	70%
2001	1,059	1	4	1,064	60%	127	758	37	922	66%	1,076	922	222	1	2,221	68%	2,438	74%
2002	1,022	1	6	1,029	64%	125	540	26	691	72%	1,062	904	171	1	2,138	73%	1,343	76%
2003	815	3	2	820	68%	79	289	20	388	76%	902	622	161	0	1,685	77%	1,620	79%
2004	1,260	1	2	1,263	74%	73	641	17	731	82%	986	800	118	0	1,904	81%	1,502	82%
2005	1,090	3	3	1,096	79%	116	300	8	424	86%	1,106	774	66	0	1,946	85%	1,915	86%
2006	2,104	89	3	2,196	88%	179	403	10	592	91%	1,424	1,206	59	0	2,689	90%	2,311	90%
2007	1,074	68	3	1,145	94%	121	344	2	467	95%	1,120	925	45	0	2,090	95%	2,945	95%
2008	1,185	224	3	1,412	100%	296	239	19	554	100%	1,548	773	49	0	2,370	100%	2,548	100%
Total	21,672	401	82	22,155		2,345	8,392	599	11,336		27,090	16,507	3,313	3	46,913		54,524	

Fuente: SMA-GDF

3. METODOLOGÍA

Los inventarios de emisión reportan la estimación de las emisiones de contaminantes criterio y tóxicos, así como de gases de efecto invernadero de una región para un año determinado. La metodología para estimar dichas emisiones está sujeta a la información disponible.

En general, el cálculo de la emisión de un contaminante o de un gas de efecto invernadero, depende de su actividad y del factor de emisión relacionado con dicha actividad. Por ejemplo, en un vehículo, las emisiones de CO pueden obtenerse conociendo los kilómetros recorridos a lo largo de un año (actividad), multiplicados por su factor de emisión (CO por kilómetro recorrido). Tanto la actividad, como el factor de emisión deben ser medidos. Sin embargo, en muchas ocasiones, no existe la capacidad para ello, por lo cual deben inferirse los datos de actividad de acuerdo con otra información que tenga relación y en diversas ocasiones se utilizan factores de emisión promedio publicados por organismos de otros países o internacionales. Por supuesto, la calidad de la información estará vinculada con la incertidumbre de las mediciones o de las inferencias.

En el caso de la ZMVM, existe una importante experiencia en el cálculo de los inventarios de emisión, que avanza en una mayor calidad de la información. A continuación se describe la metodología utilizada para calcular los diversos inventarios de emisión, así como la metodología utilizada para la construcción de escenarios.

3.1 Inventario de contaminantes criterio

En esta sección se describe la metodología utilizada por la secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal para la elaboración del Inventario de Contaminantes Criterio de la ZMVM para el año 2008, para cada fuente.

3.1.1 Fuentes puntuales

Las fuentes puntuales se refieren a las industrias de la ZMVM. Los establecimientos industriales se clasifican de acuerdo a su jurisdicción, en federales y locales, con base en el artículo 111 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en donde se establecen los giros de jurisdicción 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). Por otra parte, se considera como industria de jurisdicción local, a todas aquellas que no están descritas en dicho artículo (SMA-GDF, 2010a).

El inventario de emisiones de las fuentes puntuales, se integra con la información de mediciones directas que se reportan a través de la Cédula de Operación Anual (COA), de la Licencia Ambiental Única (LAU) y de la Licencia de Funcionamiento, en el ámbito de su

jurisdicción correspondiente, ya sea en la SEMARNAT cuando son de competencia del Gobierno Federal o en las Secretarías del Medio Ambiente de los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México según su ubicación cuando son de competencia de jurisdicción local (SMA-GDF, 2010a).

Para el año 2008, la SMA analizó 5,146 industrias de la ZMVM; de las cuales 3,302 son de jurisdicción local, 55% del Estado de México y 45% del Distrito Federal. Asimismo, de las 1,844 industrias de jurisdicción federal, el 60% se ubica en el Distrito Federal y el 40% en el Estado de México.

Cabe mencionar que de acuerdo con el Censo Económico 2004 realizado por el INEGI existen más de 52 mil industrias manufactureras ubicadas en la ZMVM. Sin embargo, no todas las industrias están incluidas en los inventarios de emisión debido a que las pequeñas industrias no tienen obligación de presentar ni su COA, ni su LAU, ni su licencia de funcionamiento (SMA-GDF, 2010a). Por esta razón las emisiones de fuentes puntuales se encuentran sub-estimadas, sin embargo, se considera que la parte que falta representa un porcentaje mínimo comparado con el estimado. La Tabla 3.1 muestra la desagregación por rama industrial de las 5,146 industrias contenidas en el inventario.

Las emisiones de la industria son producto de dos fuentes. La primera tiene que ver con el combustible quemado y la segunda con emisiones producidas por reacciones químicas del propio proceso. La información de las COA, LAU y licencias de funcionamiento brindan ambas emisiones en unidas físicas (kilogramos), así como información del consumo de combustibles y la producción para cada año. Con esta base, no sólo se calcula las emisiones totales sino que es factible calcular los factores de emisión promedio por rama industrial¹.

3.1.2 Fuentes de área

Las fuentes de área son pequeñas, numerosas y dispersas y por ello se agrupan en categorías y sub-categorías de fuentes similares, además, dentro de éstas se pueden incluir varias modalidades como se muestra en la Tabla 3.2. En este caso, para calcular las emisiones, la actividad varía de acuerdo con el tipo de emisión (columna 3 de la Tabla 3.2) y los factores de emisión provienen de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 1997). La información para cada actividad proviene de diversas fuentes, tanto de los gobiernos locales, como de Pemex.

3.1.3 Fuentes móviles

El inventario de contaminantes criterio de fuentes móviles se basa en información del número y tipo de vehículos por edad, el kilómetro recorrido y los factores de emisión. Para calcular los factores de emisión, se utiliza un modelo de la USEPA adaptado para

¹ Anexo a este informe se presentan datos, factores de emisión y resultados en disco compacto.

México, que se denomina Mobile6-Mexico, con información de la ZMVM y que considera la Presión de Vapor Reid (PVR) de las gasolinas, el contenido de azufre de los combustibles, la velocidad de circulación, la temperatura ambiente y la altitud, por mencionar los más importantes.

Tabla 3.1 Descripción de las ramas y subsectores de actividad en la ZMVM

Subsector	Rama	Descripción
		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
	3114	Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas
	3115	Elaboración de productos de panadería
31	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
		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
32	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
		Industria de la madera y productos de madera, incluye muebles
	3311	Fabricación de productos de aserradero y carpintería; excluye muebles
33	3312	Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho; excluye muebles
	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
		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
35	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
		Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón
	3611	Alfarería y cerámica; excluye materiales de construcción
36	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
		Industrias metálicas básicas
37	3710	Industria básica del hierro y del acero
	3720	Industrias básicas de metales no ferrosos; incluye el tratamiento de combustibles nucleares
		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
38	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 máquinas de oficina; cálculo 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 médico
	3833	Fabricación y/o ensamble de aparatos y accesorios de uso doméstico; 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
		Otras industrias manufactureras
39	3900	Otras industrias manufactureras
		Generación de energía eléctrica
41	4100	Generación de energía eléctrica

Fuente: SMA-GDF, 2009

Tabla 3.2 Fuentes de área consideradas en el Inventario de Emisiones

Categoría		Subcategoría	Modalidad (Actividad)
Combustión en fuentes estacionarias		Combustión comercial / institucional	Gas natural, Gas L.P.
		Combustión habitacional	Gas natural, Gas L.P.
Fuentes móviles que no circulan por carretera		Operación de aeronaves	Turbosina
		Locomotoras	Foráneas y de patio a diesel
		Terminal de autobuses de pasajeros	Diesel
Uso de Solventes		Consumo de solventes	<ul style="list-style-type: none"> • Productos en aerosol • Productos domésticos • Productos de cuidado personal • Productos de cuidado automotriz • Adhesivos y selladores • Pesticidas • Productos misceláneos.
		Limpieza de superficies en la industria	Solventes en general
		Recubrimiento de superficies arquitectónicas	Base agua, Base solvente
		Recubrimiento de superficies industriales	Base agua, Base solvente
		Lavado en seco	Gas nafta, Percloroetileno
		<ul style="list-style-type: none"> • Artes gráficas • Pintado de carrocerías • Pintado de señalamientos de tránsito • Aplicación de asfalto 	Solventes en general
Fuentes industriales ligeras y comerciales		Panaderías	Fermentación
		Esterilización en hospitales	Uso de solventes
Fuentes de área miscelánea		Incendio en estructuras	Por tipo de estructura
		Incendios forestales	Por tipo de vegetación
		Caminos pavimentados	Tránsito intenso y escaso
		Caminos sin pavimentar	Tránsito escaso
		Emissiones domésticas de amoníaco	<ul style="list-style-type: none"> • Respiración y transpiración humana • Desechos de perros y gatos • Uso doméstico de amoníaco • Humo de cigarrillos • Pañales desechables • Otros desechos humanos
		Manejo y tratamiento de residuos	
Tratamiento de aguas residuales	Domésticas no industriales		
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	Almacenamiento y distribución de combustibles líquidos	Terminales de almacenamiento masivo	Gasolina, Diesel, Turbosina,
		Distribución de gasolina (en estaciones de servicio)	<ul style="list-style-type: none"> • Pipas en tránsito, con carga • Pipas en tránsito, sin carga • Recarga tanque de almacenamiento • Respiración tanque almacenamiento • Recarga combustible en vehículos • Derrames en recarga de vehículos
		Carga de combustibles en aeronaves	Turbosina, Gas avión
	Distribución y almacenamiento de gas L.P.	Terminales de almacenamiento masivo	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de semirremolques • Almacenamiento • Carga de auto-tanques • Carga de tanque portátil
		Distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga estaciones de carburación • Descarga en tanques estacionarios • Distribución y venta de recipientes portátil
	Fugas en instalaciones	Industrial	General
		Servicios	General
		Habitacional	Recipiente portátil y estacionario, estufas y calentadores
	Hidrocarburos no quemados	Industrial	General
		Servicios	General
Habitacional		<ul style="list-style-type: none"> • Estufas • Calentadores 	

Fuente: SMA-GDF, 2009

3.2 Inventario de contaminantes tóxicos

Para las fuentes puntuales y de área la SMA-GDF utiliza factores de emisión que provienen de fuentes internacionales, los cuales se reportan en gramos por unidades de actividad o en fracción de COT o PM₁₀ (U.S. EPA, 2007 y 2009). En el caso de las fuentes móviles los factores de emisión o fracciones de contaminantes tóxicos se encuentran en el propio Mobile6-Mexico.

3.3 Inventario de gases de efecto invernadero

Para calcular las emisiones de GEI, se utiliza la metodología del IPCC (2006) para las emisiones provenientes de la quema de combustibles. Las emisiones de CO₂ se calcularon, para las fuentes puntuales, de área y móviles por el "Método Sectorial", conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \sum_j (\text{Combustible consumido } j) * (\text{Factor de emisión } j) * (\text{Fracción oxidada } j * 44/12) \quad (1)$$

Donde j es el tipo de combustible.

En el caso de las fuentes puntuales y de área se conoce el consumo de combustible. En el caso de las fuentes móviles el consumo de combustible se calcula de acuerdo con el rendimiento vehicular de cada vehículo, obtenido por Chávez y Sheinbaum (2010) y de la propia SMA-GDF, empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{(\text{km recorrido año}) * (\text{rendimiento lt/km})}{(\text{poder calorífico joule/lt})} \quad (2)$$

Para las emisiones de CH₄ y N₂O se utilizan los factores de emisión publicados por el IPCC por fuente de emisión y por actividad.

3.4 Metodología para calcular escenarios de emisión

En general, para todas las fuentes y emisiones, se utilizan tres indicadores que determinan el consumo de energía: actividad, intensidad y factor de emisión. Sea A_{it} el nivel agregado de actividad del sector "i" en el año "t", e I_{ijt} la intensidad de la actividad específica "j" y FE_{jtx} el factor de emisión por actividad del contaminante o gas de efecto invernadero x.

Entonces las emisiones de determinado contaminante o gas de efecto invernadero "x" del sector o fuente "i" estarán dadas por:

$$E_{tx} = \sum_{it} A_{it} I_{ijt} FE_{jtx} \quad (3)$$

Para estimar las emisiones para años futuros, en general se hace la suposición de que la intensidad se mantiene constante a su valor de 2008, y se determinan con un modelo externo, los factores de emisión para cada año y actividad. A continuación se detallan las variables de la ecuación 3 para cada fuente o sector.

3.4.1 Fuentes puntuales

Las emisiones industriales están divididas en las producidas por quema de combustibles y por proceso. Por otro lado, la producción industrial puede agruparse en 10 ramas (Tabla 3.1).

Para cada rama industrial y para las emisiones por combustible, la actividad se define como el Producto Interno Bruto (PIB). Debido a que el INEGI solamente reporta el PIB de la ZMVM para 2003, se utiliza la suma del PIB de todo el Estado de México y el Distrito Federal.

Los escenarios de crecimiento del PIB se modelan como *el tendencial* en el que el crecimiento de 2010 a 2020 es equivalente a la tasa de crecimiento promedio anual del periodo de 2003 a 2008, y para 2009 se considera una caída equivalente a la nacional. El *escenario alto*, que considera un crecimiento 30% por encima del tendencial y *el escenario bajo* que considera 30% menos del tendencial. Con base en las tasas de crecimiento de la Tabla 2.6, la Tabla 3.3 presenta la tasa de crecimiento anual del PIB de la ZMVM para los tres escenarios.

Tabla 3.3 Consideraciones para los escenarios de crecimiento del PIB para fuentes puntuales; Tasa de crecimiento anual.

Ramas	2009	Tendencial	Alto	Bajo
31	-5.00%	3.10%	4.03%	2.17%
32	-5.00%	-0.20%	-0.26%	-0.14%
33	-5.00%	-6.60%	-8.58%	-4.62%
34	-5.00%	2.60%	3.38%	1.82%
35	-5.00%	2.00%	2.60%	1.40%
36	-5.00%	2.00%	2.60%	1.40%
37	-5.00%	3.80%	4.94%	2.66%
38	-5.00%	3.30%	4.29%	2.31%
39	-5.00%	5.30%	6.89%	3.71%
41	0.00%	5.30%	6.89%	3.71%

Las emisiones por combustibles para contaminantes criterio y GEI se calculan de acuerdo a la ecuación 4.

$$Ee_{kt} = \sum A_{jt} * I_{jk} * FE_{kj} \quad (4)$$

Donde:

- E_{ek} son las emisiones del contaminante criterio o de GEI k producto de quema de combustible para el año t.
- A_{jt} es el PIB para la rama industrial j para el año t
- I_{jk} es el la intensidad energética (energía entre PIB) del combustible k de la rama industrial j.
- FE_k es el Factor de emisión del combustible k para la rama industrial j

Las consideraciones para estimar las emisiones de cada escenario se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Consideraciones de los escenarios para fuentes móviles

<p>La intensidad energética se mantiene constante a su valor de 2008 para todos los escenarios.</p> <p>Los factores de emisión se mantienen constantes a su valor de 2008 para todos los escenarios.</p> <p>EL PIB por rama industrial crece de acuerdo con la Tabla 3.4.</p> <p>La estructura del consumo de combustibles permanece constante</p>
--

Las emisiones por proceso para contaminantes criterio² se calculan de acuerdo a la ecuación 5.

$$E_{p_{kt}} = \sum A_{jt} * I_{p_{jk}} * FE_{pk} \tag{5}$$

Donde:

- $E_{p_{kt}}$ son las emisiones del contaminante k producto del proceso para el año t.
- $I_{p_{jk}}$ es la intensidad definida como la producción en unidades física entre el PIB en unidades monetarias para el mismo año t.

Para los contaminantes tóxicos se utilizan los factores que determinan las emisiones como una fracción de los COV y las partículas.

3.4.2 Fuentes de área

Las emisiones de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero para años futuros se estiman de acuerdo a la ecuación 4. La Tabla 3.5 muestra la variable de actividad e intensidad para cada sub-sector, así como las hipótesis para los escenarios bajo, tendencial y alto. Las consideraciones para los escenarios en el caso de las fuentes de área se resumen en la Tabla 3.6.

² En este trabajo no se calculan las emisiones por proceso de GEI

Tabla 3.5 Indicadores para las Fuentes de Área

Categoría	Subcategoría	Actividad	Intensidad	Tasa de crecimiento anual		
				Bajo	Tendencial	Alto
Combustión en fuentes estacionarias	Combustión comercial / institucional	PIB comercial	Energía/PIB	3.4%	4.9%	6.4%
	Combustión habitacional	Viviendas	Energía/vivienda	1.4%	2.0%	2.6%
Fuentes móviles que no circulan por carretera	Operación de aeronaves	LTO (ciclos de operación)	Emisión/LTO	1.8%	2.5%	3.3%
	Locomotoras	Consumo de combustible	N.A.	0.4%	0.5%	0.7%
	Terminal de autobuses de pasajeros	Número de vehículos por edad	Emisión/corrida	0.7%	1.0%	1.3%
Uso de solventes	Consumo de solventes	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	Limpieza de superficies en la industria	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	Recubrimiento superficies arquitectónicas	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	Recubrimiento de superficies industriales	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	Lavado en seco	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	· Artes gráficas	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	· Pintado de carrocerías	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
	· Pintado de señalamientos de tránsito	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%
· Aplicación de asfalto	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%	

Tabla 3.6 Indicadores para las Fuentes de Área (continuación)

Categoría	Subcategoría	Actividad	Intensidad	Tasa de crecimiento anual			
				Bajo	Tendencial	Alto	
Fuentes industriales ligeras y comerciales	Panaderías	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%	
	Esterilización en hospitales	Camas	Emisión/cama	0.6%	0.8%	1.0%	
Fuentes de área miscelánea	Incendio en estructuras	Constante	N.A.				
	Incendios forestales	Constante	N.A.				
	Caminos pavimentados	Constante	N.A.				
	Caminos sin pavimentar	Constante	N.A.				
	Emisiones domésticas de amoníaco	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%	
Manejo y tratamiento de residuos	Rellenos sanitarios	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%	
	Tratamiento de aguas residuales	Población	Emisión/habitante	0.6%	0.8%	1.0%	
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	Almacenamiento y distribución de combustibles líquidos	Terminales de almacenamiento masivo	Combustible	N.A.	3.5%	5.0%	6.5%
		Distribución de gasolina	Combustible	N.A.	3.5%	5.0%	6.5%
		Carga de combustibles en aeronaves	Combustible	N.A.	1.1%	1.5%	2.0%
	Almacenamiento y distribución de GLP	Terminales de almacenamiento masivo	Combustible		2.1%	3.0%	3.9%
		Distribución	Combustible		2.1%	3.0%	3.9%
Fugas	Fugas en instalaciones	Industrial	Combustible	N.A.	2.1%	3.0%	3.9%
		Servicios	Combustible	N.A.	2.1%	3.0%	3.9%
		Habitacional	Equipos	Emisión /equipo	1.5%	2.2%	2.9%
	Hidrocarburos no quemados	Industrial	Combustible	N.A.	2.1%	3.0%	3.9%
		Servicios	Combustible	N.A.	2.1%	3.0%	3.9%
		Habitacional	Equipos	Emisión /equipo	1.5%	2.2%	2.9%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.7 Consideraciones de los escanrios para fuentes de área

Intensidad energética constante para combustión
Intensidad de las emisiones constante para otras actividades

3.4.2 Fuentes móviles

Como se menciona en la sección 3.1.3 las emisiones de contaminantes criterio provenientes de fuentes móviles requieren para su cálculo, de la siguiente información: el parque vehicular por edad, el combustible que utilizan, los kilómetros recorridos y el factor de emisión para cada uno de ellos.

El parque vehicular en la ZMVM para carga y pasajeros por edad para el año 2008, fue presentado en las Tablas 2.8 a 2.11. Para los años futuros, la estimación del parque depende de los vehículos que se incorporan al parque y los vehículos que dejan de circular (desecho).

La tasa de desecho se calcula para todos los modos y para cada año de acuerdo con la información del parque vehicular por edad de 1990 a 2008. En todos los casos se aplican ajustes de polinomios para encontrar una ecuación que modele la tasa de desecho. Para algunos modos como por ejemplo el taxi, la tasa de desecho en algunos años llega a ser negativa. Esto significa que hubo vehículos que fueron adquiridos originalmente como privados y después vendidos para ser utilizados como taxis. De esta forma, por ejemplo, en el año 2010 pueden circular más taxis del año modelo 2006 que en el año 2007.

En el caso de los vehículos privados del Estado de México, también existen tasas de desecho negativas para algunos años. Esto implica que existe un mercado de vehículos usados del DF que se adquieren en los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM.

La tasa de incorporación de nuevos vehículos al parque vehicular está determinada principalmente por las ventas en la ZMVM. La información de las ventas de los años 1998 a 2008 proviene del INEGI y la tasa de crecimiento anual se calcula como un promedio de dichos años. Adicionalmente se realiza un ajuste de los vehículos particulares que se convierten en taxis, los cuales son eliminados de la sub-categoría de vehículos compactos del parque vehicular privado.

Para el caso del transporte público, los vehículos nuevos que se incorporan al parque vehicular mantienen la tendencia histórica de crecimiento del parque para los últimos años (2000-2008), para todos los escenarios.

En el caso del transporte de carga, la tasa de desecho se calcula de la misma forma, utilizando la información del parque vehicular de los años 1990 a 2008. Los nuevos

vehículos que se incorporan a la flota se obtienen de las ventas reportadas por INEGI, para Distrito Federal y Estado de México.

Los kilómetros recorridos para cada modo se mantienen constantes de acuerdo a la información proporcionada en el inventario de emisiones (SMA-GDF, 2010a), aplicando el programa Hoy No Circula de 2008 (Tablas 3.8 y 3.9).

La tasa de crecimiento de las ventas para los autos privados, las motocicletas y el transporte de carga se muestra en la Tabla 3.10 para cada escenario. La Tabla 3.11 presenta el crecimiento del parque vehicular de transporte público, el cual permanece constante para los tres escenarios.

Tabla 3.8 Datos de actividad para los autos particulares

Año-modelo	Recorrido promedio [km/día]
1988 y anteriores	22.78
1989-1992	31.92
1993-1994	33.76
1995 y posteriores	35.84

Fuente: SMA-GDF, 2009

Tabla 3.9 Actividad de la flota vehicular de la ZMVM

Tipo de vehículo	Km/día
Autos Particulares de uso Intensivo ¹	100
Pick Up ¹	60
Pick Up de uso intensivo ¹	100
Microbuses ¹	200
Vehículos de carga de hasta 3 ton ⁴	65.4
Vehículos de carga de más de 3 ton ⁴	62.8
Taxis ¹	200
Vagonetas y combis	200
Tractocamiones ⁶	62.8
Autobuses Red de Transporte de Pasajeros ³ (día hábil/inhábil)	223 / 241
Autotransporte Federal de Turismo ²	60
Autotransporte Federal de Pasaje ²	48
Autobuses Concesionados ³	223
Motocicletas ¹	79
Metrobús ⁵ (día hábil/inhábil)	191.87 / 166.28

Fuente: SMA-GDF, 2009

Para los escenarios de CO₂, las emisiones se calculan por consumo de energía, para lo cual los rendimientos vehiculares promedio para ciudad para los autos particulares y taxis por año-modelo se obtiene de Chávez y Sheinbaum, 2010; quienes presentan el estudio de rendimientos para todo el país. De esta forma se asume que la composición de la flota vehicular por marca y año modelo es similar en el país que para la ZMVM. Para el resto de

los modos, el rendimiento vehicular se considera con base en información de la SMA-GDF. La Tabla 3.12 muestra los rendimientos vehiculares promedio del transporte privado y de taxis. La Tabla 3.13 muestra los rendimientos vehiculares promedio para el resto de los modos. En este caso el rendimiento vehicular se considera constante.

Las emisiones de CH₄ y N₂O se calculan con base en factores de emisión establecidos en g/km obtenidos del IPCC.

Tabla 3.10 Tasa de crecimiento anual de las ventas de autos particulares, motocicletas y transporte de carga para los tres escanrios (2008-2020)

	DF			Estado de México		
	Bajo	Tendencial	Alto	Bajo	Tendencial	Alto
Auto privado	2.5%	5%	7.5%	2.5%	5%	7.5%
Motocicleta	2.5%	5%	10%	2.5%	5%	10%
Pick up	3%	7.5%	10.5%	3%	7.8%	10.5%
Vehículo < 3 ton	0.4%	0.7%	1.0%	0.7%	1.0%	1.5%
Vehículo > 3 ton	0.3%	0.6%	0.8%	6%	12.3%	18%
Tractocamión	0.01%	0.03%	0.06%	2%	4.2%	6%

Tabla 3.11 Tasa de crecimiento del parque vehicular de transporte público de pasajeros (2008-2020)

	DF	Estado de México
	Tendencial	Tendencial
Taxi	0.8%	0.4%
Combi/Van	2.2%	5.8%
Microbuses	-6.7%	2.2%
Autobuses	3.5%	5.1%
Metrobús	13.3%	61.8%*

*Sin sistema en 2008 a 321 autobuses

Tabla 3.12 Rendimientos de combustible promedio de ciudad por año modelo para auto privado, taxi, combi y pick-up

	Autos particulares		Taxi-subcompacto		Combi		Pick up	
	Km/lt	MJ/km	Km/lt	MJ/km	Km/lt	MJ/km	km/lt	MJ/km
1988 y anteriores	9.10	3.53	10.2	3.15	6.4	5.02	6.4	5.02
1989	8.90	3.61	9.9	3.24	6.5	4.94	6.5	4.94
1990	9.10	3.53	10	3.21	6.9	4.65	6.9	4.65
1991	8.90	3.61	9.9	3.24	6.9	4.65	6.9	4.65
1992	8.80	3.65	9.8	3.28	6.9	4.65	6.9	4.65
1993	9.00	3.57	9.7	3.31	6.5	4.94	6.5	4.94
1994	9.00	3.57	9.9	3.24	6.4	5.02	6.4	5.02
1995	9.10	3.53	10.9	2.95	6.1	5.27	6.1	5.27
1996	9.00	3.57	10.8	2.97	6.1	5.27	6.1	5.27
1997	9.40	3.42	11	2.92	6.2	5.18	6.2	5.18
1998	9.80	3.28	11.4	2.82	6.4	5.02	6.4	5.02
1999	9.60	3.35	11.2	2.87	6.3	5.10	6.3	5.10
2000	9.60	3.35	11.2	2.87	6.4	5.02	6.4	5.02
2001	9.80	3.28	11.3	2.84	6.6	4.87	6.6	4.87
2002	10.00	3.21	11.3	2.84	6.7	4.79	6.7	4.79
2003	10.10	3.18	11.3	2.84	7.2	4.46	7.2	4.46
2004	10.00	3.21	11.3	2.84	7.4	4.34	7.4	4.34
2005	10.00	3.21	11.6	2.77	7.5	4.28	7.5	4.28
2006	9.80	3.28	11.7	2.75	7.4	4.34	7.4	4.34
2007	9.80	3.28	11.8	2.72	7.4	4.34	7.4	4.34
2008	9.80	3.28	11.7	2.75	7.4	4.34	7.4	4.34
2009	9.85	3.26	11.76	2.73	7.44	4.32	7.4	4.32
2010	9.90	3.25	11.82	2.72	7.47	4.30	7.5	4.30
2011	9.95	3.23	11.88	2.70	7.51	4.28	7.5	4.28
2012	10.00	3.21	11.93	2.69	7.55	4.26	7.5	4.26
2013	10.05	3.20	11.99	2.68	7.59	4.23	7.6	4.23
2014	10.09	3.18	12.05	2.67	7.62	4.21	7.6	4.21
2015	10.14	3.17	12.11	2.65	7.66	4.19	7.7	4.19
2016	10.19	3.15	12.17	2.64	7.70	4.17	7.7	4.17
2017	10.24	3.14	12.23	2.63	7.73	4.15	7.7	4.15
2018	10.29	3.12	12.29	2.61	7.77	4.13	7.8	4.13
2019	10.34	3.11	12.34	2.60	7.81	4.11	7.8	4.11
2020	10.39	3.09	12.40	2.59	7.84	4.09	7.8	4.09

Elaborado a partir de datos de CONUEE y USEPA para cada año modelo por marca. Promedio pesado con las ventas de cada año modelo por marca a nivel nacional. Autos particulares incluye SUV. Rendimiento para ciudad. De 2008 a 2012 se estima un crecimiento del 6%. Poder calorífico de la gasolina: 32.12 MJ/lt. Combi y pick up equivale a rendimiento de SUV. Fuente:

Tabla 3.13 Rendimientos de combustible de transporte público y de carga

Microbús		Autobús		Motocicleta		< 3 ton		> 3 ton		Tracto	
Km/lt	MJ/km	Km/lt	MJ/km	km/lt	MJ/km	km/lt	MJ/km	km/lt	MJ/km	km/lt	MJ/km
4	8.03	1.8	19.7	9.8	3.28	4	8.03	2	17.69	1.5	23.6

El rendimiento se considera constante para todos los años. Poder calorífico del diesel 35.39 MJ/lt. Fuente: SMA (2010b)

El resumen de las consideraciones de los escenarios para fuentes móviles se presenta en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Consideraciones de los escenarios para fuentes de área

Distancia promedio recorrida permanece constante de 2008 a 2020 a su valor del 2008

Rendimiento vehicular entre 2008 y 2020 aumenta tan sólo en 6% para el auto particular, el taxi, pick-up y combis (mismo crecimiento que en las dos últimas décadas). En los demás casos permanece constante.

La composición de la flota vehicular por combustible permanece constante (aplicando su factor de desecho) para los años modelo anteriores a 2008.

Los vehículos posteriores a 2008 para el caso de autos particulares, taxis, combis y microbuses, se considera que son de gasolina.

Los vehículos posteriores a 2008 para el caso de autobuses y metrobús, se considera que son a diesel.

La estructura por combustible de la flota vehicular de carga para los años modelos posteriores a 2008 se considera igual a la del 2008.

Se considera que a partir del año 2012 entrará en comercialización gasolina de ultra-bajo contenido de azufre (30 ppm), para toda la flota.

4. RESULTADOS

4.1 Fuentes puntuales

4.1.1 Contaminantes criterio, fuentes puntuales

Las Tablas 4.1 a 4.4 presentan los valores de las emisiones de contaminantes criterio por rama industrial, para el escenario tendencial, para los años 2008, 2012, 2016 y 2020 respectivamente. Consistente con el crecimiento del PIB, las ramas industriales cuyas emisiones decrecen son las de los sectores textil (-7% en todo el periodo) y madera (-55%), mientras que las ramas industriales cuyas emisiones crecen son los productos alimenticios, bebidas y tabaco (34%), papel y productos de papel, imprenta y editoriales (26%), sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico (19%), Productos minerales no metálicos, excluyendo los derivados del petróleo y del carbón (23%), Industrias metálicas básicas y productos metálicos, maquinaria y equipo, incluyendo instrumentos quirúrgicos y de precisión (43%), otras industrias manufactureras (68%) y generación de energía eléctrica (16%).

La Tabla 4.5 y la Figura 4.1 presentan el resultado para el total de las emisiones de fuentes puntuales, para los tres escenarios.

Entre el año 2008 y 2020, las emisiones del sector industrial tendrán un crecimiento promedio de 13%, 22% y 30% dependiendo del escenario de crecimiento del PIB. Acorde con las consideraciones de estos escenarios, el contaminante que mayor crecimiento tendrá son las PM10, seguido por los COV (Tabla 4.6).

Tabla 4.1 Emisiones de contaminantes criterio para fuentes puntuales en la ZMVM (Inventario 2008)

Sector	Emisiones [ton/año] 2008							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
INDUSTRIAL	5,000	838	3,455	7,023	19,877	134,195	129,170	139
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	869.6	74.3	134.3	438.7	1444.5	7677.5	7430.6	8.2
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	466.2	30.6	139.8	142.7	385.9	11868.6	11844.4	5.2
Industria de la madera y productos de madera	110.5	8.5	133.9	11.6	35.9	1765.2	1745.9	0.2
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	140.4	76.2	702.2	483.7	1236.6	23939.9	23034.4	6.1
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	782.1	74.6	828.9	665.3	1487.6	65995.0	64141.8	27.3
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1429.3	265.2	1084.5	958.9	1342.2	1513.2	1314.1	3.4
Industrias metálicas básicas	152.6	28.0	195.8	589.3	1864.3	2961.1	2080.2	1.9
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	826.0	79.9	176.8	1533.6	989.5	16384.2	15941.3	3.5
Otras industrias manufactureras	26.7	3.6	43.5	22.0	125.5	1805.5	1495.1	0.5
Generación de energía eléctrica	197.0	197.0	15.6	2177.5	10965.3	285.1	142.6	82.6

Tabla 4.2 Emisiones de contaminantes criterio para fuentes puntuales en la ZMVM. Escenario tendencial (año 2012)

Sector	Emisiones [ton/año] 2012							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
INDUSTRIAL	5,192	857	3,473	7,359	20,578	137,559	132,328	143
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	906.5	77.5	140.1	457.3	1505.9	8003.9	7746.6	8.5
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	440.7	28.9	132.1	134.9	364.8	11219.5	11196.6	4.9
Industria de la madera y productos de madera	85.6	6.6	103.8	9.0	27.8	1367.9	1353.0	0.2
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	142.0	76.2	704.7	484.0	1237.5	24586.1	23656.9	6.1
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	789.5	75.3	836.8	671.6	1501.7	66622.2	64751.4	27.6
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1490.0	267.7	1094.8	968.0	1354.9	1527.5	1326.6	3.4
Industrias metálicas básicas	162.2	29.7	208.1	626.2	1981.2	3146.9	2210.6	2.0
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	940.5	85.4	187.9	1715.9	1044.7	18784.0	18278.8	3.7
Otras industrias manufactureras	29.6	4.0	48.3	24.4	139.3	2003.7	1659.2	0.5
Generación de energía eléctrica	205.2	205.2	16.2	2267.8	11419.9	297.0	148.5	86.1

**Tabla 4.3 Emisiones de contaminantes criterio para fuentes puntuales en la ZMVM
Escenario tendencial (año 2016)**

Sector	Emisiones [ton/año] 2016							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
INDUSTRIAL	5,657	932	3,793	8,064	22,295	149,937	144,098	153
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1026.1	87.7	158.5	517.7	1704.6	9059.8	8768.5	9.6
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	437.8	28.7	131.3	134.0	362.4	11145.7	11123.0	4.9
Industria de la madera y productos de madera	65.3	5.0	79.1	6.9	21.2	1042.6	1031.2	0.1
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	160.0	86.8	800.2	551.2	1409.3	27282.9	26250.8	7.0
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	856.1	81.7	907.4	728.3	1628.5	72243.4	70214.7	29.9
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1615.7	290.3	1187.2	1049.7	1469.2	1656.4	1438.5	3.7
Industrias metálicas básicas	188.4	34.5	241.6	727.2	2300.7	3654.3	2567.1	2.4
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1055.1	95.8	210.8	1925.0	1172.0	21073.0	20506.3	4.1
Otras industrias manufactureras	36.4	4.9	59.4	30.0	171.4	2465.1	2041.3	0.7
Generación de energía eléctrica	216.6	216.6	17.1	2394.0	12055.5	313.5	156.8	90.8

**Tabla 4.4 Emisiones de contaminantes criterio para fuentes puntuales en la ZMVM
Escenario tendencial (año 2020)**

Sector	Emisiones [ton/año] 2020							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
INDUSTRIAL	6,180	1,014	4,138	8,832	23,977	163,778	157,251	164
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1161.5	99.3	179.4	586.0	1929.5	10254.9	9925.2	10.9
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	435.0	28.5	130.4	133.1	360.0	11072.4	11049.9	4.8
Industria de la madera y productos de madera	49.7	3.8	60.3	5.2	16.2	794.7	786.0	0.1
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	177.5	96.3	887.9	611.6	1563.7	30273.1	29128.0	7.7
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	928.3	88.6	984.0	789.7	1765.9	78338.8	76139.0	32.5
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1752.0	314.8	1287.3	1138.2	1418.4	1796.2	1559.9	4.0
Industrias metálicas básicas	218.7	40.1	280.6	844.5	2671.7	4243.5	2981.0	2.8
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1183.7	107.5	236.5	2159.5	1314.8	23640.9	23005.2	4.6
Otras industrias manufactureras	44.8	6.0	73.1	36.9	210.9	3032.8	2511.4	0.8
Generación de energía eléctrica	228.7	228.7	18.1	2527.3	12726.5	330.9	165.5	95.9

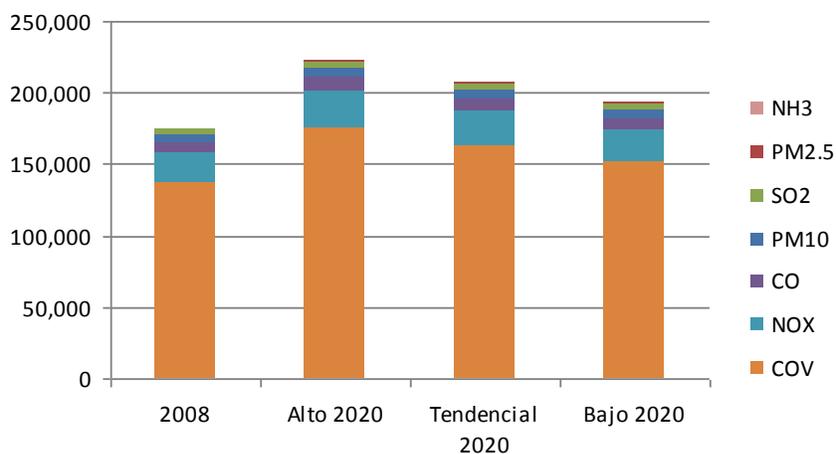
Tabla 4.5 Comparación de escenarios de contaminantes criterio para fuentes puntuales en la ZMVM

Fuentes puntuales		Emisiones [ton/año]							
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
	2008	5,000	838	3,455	7,023	19,877	134,195	129,170	139
Alto	2012	5,289	871	3,531	7,502	20,927	140,172	134,815	145
Tendencial	2012	5,192	857	3,473	7,359	20,578	137,559	132,328	143
Bajo	2012	5,097	842	3,416	7,218	20,234	134,990	129,884	141
2016									
Alto	2016	5,919	973	3,965	8,450	23,232	156,883	150,701	159
Tendencial	2016	5,657	932	3,793	8,064	22,295	149,937	144,098	153
Bajo	2016	5,410	893	3,630	7,695	21,398	143,329	137,815	148
2020									
Alto	2020	6,650	1,086	4,449	9,517	25,615	176,172	169,020	174
Tendencial	2020	6,180	1,014	4,138	8,832	23,977	163,778	157,251	164
Bajo	2020	5,749	946	3,853	8,198	22,456	152,356	146,398	155

Tabla 4.6 Crecimiento en las emisiones de contaminantes criterio para fuentes puntuales en la ZMVM (2008-2020)

Fuentes puntuales	Emisiones [ton/año]							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Alto	33%	30%	29%	36%	29%	31%	31%	25%
Tendencial	24%	21%	20%	26%	21%	22%	22%	18%
Bajo	15%	13%	12%	17%	13%	14%	13%	12%

Figura 4.1 Escenarios de contaminantes criterio, fuentes puntuales. ZMVM.



4.1.2 Contaminantes tóxicos, fuentes puntuales

Los inventarios de emisión de contaminantes tóxicos para fuentes puntuales por categoría para los años 2008 a 2020 se encuentran desglosados en la Tabla 4.7 para el escenario tendencial.

Por su parte, la Tabla 4.8 muestra la comparación entre los tres escenarios. Entre 2008 y 2020 los contaminantes tóxicos tendrán un crecimiento de 15%, 25% y 35%, para los escenarios bajo, tendencial y alto, respectivamente. El contaminante de mayor incremento será el metanol, debido a la evolución de las industrias de productos metálicos, maquinaria y equipo y de otras industrias manufactureras; seguido del tolueno, cuyas emisiones más importantes son también de las industrias de productos metálicos, maquinaria y equipo, y las metálicas básicas.

**Tabla 4.7 Contaminantes tóxicos, ZMVM. Fuentes Puntuales.
Escenario tendencial (2008-2020)**

Contaminante	Subjector	Descripción	2008 [ton/año]	2012 [ton/año]	2016 [ton/año]	2020 [ton/año]	2008-2020 %
Tolueno	38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	3,098	3,196	3,472	3,993	29%
	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	2,771	2,790	2,957	3,259	18%
	34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	2,520	2,584	2,789	3,169	26%
	37	Industrias metálicas básicas	478	497	545	637	33%
		Otras actividades	761	776	834	948	25%
		Subtotal	9,628	9,842	10,598	12,006	25%
Metil etil cetona	34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	4,750	4,880	5,278	6,014	27%
	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,175	1,180	1,248	1,370	17%
	38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	150	150	158	173	15%
	33	Industria de la madera y productos de madera, incluye muebles	42	33	27	19	-55%
		Otras actividades	21	22	24	28	31%
		Subtotal	6,138	6,265	6,734	7,604	24%
Xilenos (isómeros y mezclas)	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	659	663	702	772	17%
	38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	361	373	405	466	29%
	34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	265	271	292	331	25%
		Otras actividades	109	111	120	136	25%
		Subtotal	1,394	1,418	1,519	1,706	22%
Metanol	38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	638	659	718	828	30%
	34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	634	649	700	793	25%
	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	569	573	608	671	18%
	39	Otras industrias manufactureras	71	79	92	119	67%
		Otras actividades	156	159	171	195	25%
		Subtotal	2,068	2,120	2,289	2,606	26%
Otros (incluye metales)	38	Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.	1,427	1,473	1,601	1,842	29%
	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,383	1,392	1,474	1,622	17%
	34	Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1,213	1,247	1,349	1,539	27%
	37	Industrias metálicas básicas	248	256	278	320	29%
		Otras actividades	497	512	558	646	30%
		Subtotal	4,768	4,879	5,260	5,970	25%
Total			23,996	24,524	26,400	29,891	

Tabla 4.8 Contaminantes tóxicos, fuentes puntuales (2020)

Fuentes puntuales	2008	2020 alto	2020	2020 bajo
	[ton/año]	[ton/año]	tendencial [ton/año]	[ton/año]
Tolueno	9628	13030	12006	11064
Metil etil cetona	6138	8231	7604	7022
Xilenos (isómeros y mezclas)	1394	1840	1706	1581
Metanol	2068	2837	2606	2394
Otros (incluye metales)	4768	6487	5970	5494
Total	23996	32426	29891	27555
% respecto a 2008		35%	25%	15%

4.1.3 Gases de efecto invernadero, fuentes puntuales

Las Tablas 4.9 A 4.12 presentan las emisiones de GEI de las fuentes puntuales por rama industrial. Los valores de CH₄ y N₂O ya cuentan con la aplicación del potencial de calentamiento de cada gas de acuerdo con la guía de inventarios del IPCC para 2006, (298 para N₂O y 25 para el CH₄). La comparación entre escenarios se presenta en la Tabla 4.13 y en la Figura 4.3.

De acuerdo con las hipótesis planteadas, las emisiones de GEI del sector industrial crecerán 30%, 22% y 13% respectivamente, dependiendo del crecimiento del PIB de cada rama industrial. En el año 2020 las emisiones de GEI de las fuentes puntuales para el escenario tendencial serán de 11.2 Tg de CO₂ equivalente (Tabla 4.14).

Tabla 4.9 Emisiones CO₂ equivalente de fuentes puntuales para ZMVM (2008)

Sector	Emisiones [miles de ton/año] 2008			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	TOTAL
INDUSTRIAL	9,233.53	7.85	4.98	9,246
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,123.35	0.92	0.59	1,125
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	352.46	0.45	0.23	353
Industria de la madera y productos de madera	27.35	0.04	0.02	27
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1,105.03	0.83	0.56	1,106
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,463.19	2.18	1.08	1,466
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	906.79	0.96	0.55	908
Industrias metálicas básicas	314.17	0.22	0.16	315
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	825.16	0.55	0.40	826
Otras industrias manufactureras	49.04	0.05	0.03	49
Generación de energía eléctrica	3,066.99	1.64	1.37	3,070

**Tabla 4.10 Emisiones CO₂ equivalente de fuentes puntuales para ZMVM.
Escenario tendencial (año 2012)**

Sector	Emisiones [miles de ton/año] 2012			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	TOTAL
INDUSTRIAL	9,460.76	8.00	5.09	9,474
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,171.11	0.96	0.61	1,173
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	333.19	0.43	0.22	334
Industria de la madera y productos de madera	21.19	0.03	0.02	21
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1,105.82	0.83	0.56	1,107
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,477.10	2.20	1.09	1,480
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	915.40	0.97	0.55	917
Industrias metálicas básicas	333.87	0.24	0.17	334
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	854.50	0.57	0.41	855
Otras industrias manufactureras	54.42	0.06	0.03	55
Generación de energía eléctrica	3,194.15	1.71	1.43	3,197

**Tabla 4.11 Emisiones CO₂ equivalente de fuentes puntuales para ZMVM.
Escenario tendencial (año 2016)**

Sector	Emisiones [miles de ton/año] 2016			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	TOTAL
INDUSTRIAL	10,311.68	8.71	5.54	10,325.94
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,325.60	1.09	0.69	1,327.38
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	331.00	0.42	0.22	331.64
Industria de la madera y productos de madera	16.15	0.02	0.01	16.19
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1,259.34	0.95	0.63	1,260.92
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,601.73	2.39	1.18	1,605.29
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	992.63	1.06	0.60	994.29
Industrias metálicas básicas	387.71	0.27	0.19	388.18
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	958.63	0.64	0.46	959.74
Otras industrias manufactureras	66.95	0.07	0.04	67.07
Generación de energía eléctrica	3,371.93	1.80	1.51	3,375.24

**Tabla 4.12 Emisiones CO₂ equivalente de fuentes puntuales para ZMVM.
Escenario tendencial (año 2020)**

Sector	Emisiones [miles de ton/año] 2020			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	TOTAL
INDUSTRIAL	11,219.88	9.48	6.03	11,235.39
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,500.47	1.23	0.78	1,502.48
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	328.82	0.42	0.22	329.46
Industria de la madera y productos de madera	12.31	0.02	0.01	12.34
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1,397.36	1.05	0.70	1,399.12
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,736.87	2.59	1.28	1,740.74
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1,076.38	1.14	0.65	1,078.18
Industrias metálicas básicas	450.23	0.32	0.23	450.77
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,075.45	0.72	0.52	1,076.69
Otras industrias manufactureras	82.37	0.09	0.05	82.51
Generación de energía eléctrica	3,559.61	1.90	1.59	3,563.10

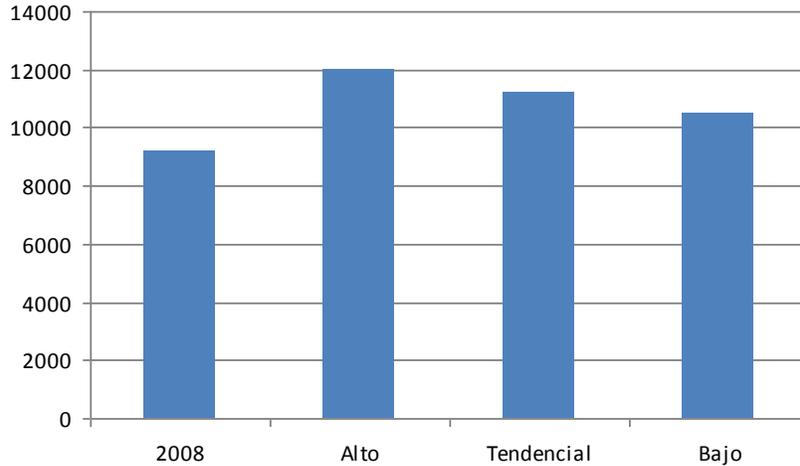
Tabla 4.13 Comparación de emisiones de GEI para fuentes puntuales en la ZMVM

Fuentes Puntuales		Emisiones [miles de ton/año]			
		CO ₂	N ₂ O	CH ₄	TOTAL
Alto Tendencial	2008	9,233.53	7.85	4.98	9,246.36
	2012	9,626.37	8.14	5.23	9,639.75
	2012	9,460.76	8.00	5.09	9,473.84
	2012	9,297.44	7.86	5.05	9,310.35
Alto Tendencial	2016	10,769.47	9.10	5.86	10,784.43
	2016	10,311.68	8.71	5.54	10,325.94
	2016	9,873.76	9873.76	9873.76	9,873.76
Alto Tendencial	2020	12,027.08	10.17	6.54	12,043.79
	2020	11,219.88	9.48	6.03	11,235.39
	2020	10,470.45	8.85	5.69	10,484.99

Tabla 4.14 Crecimiento en las emisiones de GEI para fuentes puntuales (2008-2020)

Fuentes puntuales	Emisiones [ton/año]			
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	TOTAL
Alto	30%	29%	31%	30%
Tendencial	22%	21%	21%	22%
Bajo	13%	13%	14%	13%

**Figura 4.3 Crecimiento de las emisiones de GEI del sector industrial en la ZMVM
(Miles de toneladas equivalentes de CO₂)
(2008-2020)**



4.2 Fuentes de área

4.2.1 Contaminantes criterio, fuentes de área

Las emisiones de contaminantes criterio producidas por las fuentes de área para los años 2008, 2012, 2016 y 2020 para el escenario tendencial, se presentan en las Tablas 4.15 a 4.18 respectivamente.

Los sectores que presentan mayor crecimiento son la combustión de fuentes estacionarias (35% en el periodo), principalmente la combustión comercial-institucional (71%), seguida por fuentes móviles no carreteras (33%), en particular la operación de aeronaves, y el almacenamiento y transporte de derivados de petróleo (33%), de gasolina (73%) y GLP (43%).

Por su parte, las Tablas 4.19 y 4.20 muestran las variaciones entre escenarios. El contaminante que menor crecimiento tiene son las PM₁₀. Los de mayor crecimiento son el CO y los NO_x. Para el CO, la diferencia en el crecimiento en los escenarios entre 2008 y 2020 es 18% para el bajo, 28% para el tendencial y 38% para el alto. Para el caso de los NO_x, la variación 2008-2020 es de 20% para el escenario bajo, 30% para el tendencial y 41% para el alto.

Tabla 4.15 Emisiones de contaminantes criterio para fuentes de área en la ZMVM (Inventario 2008)

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2008							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Combustión en fuentes estacionarias	322.0	322.0	1.7	3,195.9	5,605.1	421.3	275.9	1.3
Combustión comercial-institucional	59.3	59.3	0.3	621.4	1,061.5	79.5	52.1	0.2
Combustión habitacional	262.7	262.7	1.4	2,574.5	4,543.5	341.8	223.9	1.0
Fuentes móviles no carreteras	71.1	67.0	17.8	4,385.4	6,666.0	2,226.8	2,139.0	0.0
Operación de aeronaves	27.5	26.6	0.0	4,082.8	4,816.2	2,138.8	2,053.3	
Locomotoras (foráneas/ patio)	42.8	39.7	17.7	229.1	1,805.2	76.4	74.2	
Terminales de Autobuses de pasajeros	0.8	0.7		73.6	44.7	11.6	11.4	0.0
Uso de solventes						201,845.4	150,551.0	
Recubrimiento de superficies industriales						25,298.4	24,903.1	
Pintura automotriz						2,767.0	2,707.7	
Recubrimiento de superficies arquitectónicas						26,879.5	23,321.9	
Pintura tránsito						790.6	770.8	
Limpieza de superficies						35,575.8	21,345.5	
Lavado en seco						11,872.4	6,885.9	
Artes gráficas						7,905.7	7,905.7	
Aplicación de asfalto						294.5	294.5	
Productos de cuidado personal						30,041.8	20,732.8	
Productos misceláneos						790.6	553.4	
Productos de consumo doméstico						10,277.5	7,095.4	
Plaguicidas						23,124.3	15,949.8	
Pinturas en aerosol						1,324.2	909.2	
Productos para el cuidado automotriz						17,392.6	11,997.0	
Adhesivos y selladores						7,510.5	5,178.3	
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo						74,699	73,521	
Distribución y almacenamiento de gasolina						1,073	1,073	
Carga de combustible en aeronaves						6.0	6.0	
Distribución y almacenamiento de gas LP						3,841	3,779	
Fugas en instalaciones de gas LP						28,809	28,348	
HCNQ en la combustión de gas LP						40,970	40,315	
Fuentes industriales ligeras y comerciales						5,081.8	5,081.8	
Panaderías						5,059.7	5,059.7	
Esterilización en hospitales						22.1	22.1	
Manejo de residuos						302,505.6	14,140.4	
Rellenos sanitarios				141		299,791.0	11,643.0	
Tratamiento de aguas residuales						2,714.6	2,497.4	
Fuentes de área miscelánea	14,299	1,265	10	1,591	51	121	64	15,197
Incendios forestales	113	96	10	1,061	38	77	35	8
Incendio en estructuras	34	31	0	530	13	44	29	0
Emisiones domésticas de amoníaco								15,189
Caminos pavimentados	2,693							
Caminos sin pavimentar	11,459	1,138						
Total	14,692	1,654	30	9,172	12,322	586,901	245,773	15,198

Tabla 4.16 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes de área en la ZMVM (año 2012)

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2012							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Combustión en fuentes estacionarias	352.9	352.9	1.9	3,500.6	6,139.3	461.6	302.3	1.4
Combustión comercial-institucional	66.0	66.0	0.4	691.9	1,181.5	88.5	58.0	0.3
Combustión habitacional	286.9	286.9	1.5	2,808.7	4,957.7	373.1	244.3	1.2
Fuentes móviles no carreteras	74.8	70.6	18.1	4,840.4	7,205.8	2,452.4	2,355.6	0.0
Operación de aeronaves	30.3	29.3	0.0	4,506.6	5,316.2	2,360.9	2,266.4	
Locomotoras (foráneas/ patio)	43.6	40.5	18.1	233.7	1,841.5	77.9	75.7	
Terminales de Autobuses de pasajeros	0.8	0.8		100.1	48.1	13.7	13.5	0.0
Uso de solventes						207,882.7	155,054.0	
Recubrimiento de superficies industriales						26,055.1	25,647.9	
Pintura automotriz						2,849.8	2,788.7	
Recubrimiento de superficies arquitectónicas						27,683.5	24,019.5	
Pintura tránsito						814.2	793.9	
Limpieza de superficies						36,639.9	21,984.0	
Lavado en seco						12,227.6	7,091.9	
Artes gráficas						8,142.2	8,142.2	
Aplicación de asfalto						303.3	303.3	
Productos de cuidado personal						30,940.4	21,352.9	
Productos misceláneos						814.2	570.0	
Productos de consumo doméstico						10,584.9	7,307.6	
Plaguicidas						23,815.9	16,426.9	
Pinturas en aerosol						1,363.8	936.4	
Productos para el cuidado automotriz						17,912.9	12,355.8	
Adhesivos y selladores						7,735.1	5,333.1	
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo						82,121	80,828	
Distribución y almacenamiento de gasolina						1,286	1,286	
Carga de combustible en aeronaves						6.4	6.4	
Distribución y almacenamiento de gas LP						4,323	4,254	
Fugas en instalaciones de gas LP						31,473	30,969	
HCNQ en la combustión de gas LP						45,033	44,313	
Fuentes industriales ligeras y comerciales						5,233.4	5,233.4	
Panaderías						5,211.0	5,211.0	
Esterilización en hospitales						22.4	22.4	
Manejo de residuos						311,549.7	14,559.7	
Rellenos sanitarios				145		308,758.0	11,991.3	
Tratamiento de aguas residuales						2,791.8	2,568.4	
Fuentes de área miscelánea	14,299	1,265	10	1,591	51	121	64	15,652
Incendios forestales	113	96	10	1,061	38	77	35	8
Incendio en estructuras	34	31	0	530	13	44	29	0
Emisiones domésticas de amoníaco								15,644
Caminos pavimentados	2,693							
Caminos sin pavimentar	11,459	1,138						
Total	14,727	1,688	30	9,932	13,396	609,822	258,397	15,653

Tabla 4.17 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes de área en la ZMVM (año 2016)

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2016							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Combustión en fuentes estacionarias	391.7	391.7	2.1	3,889.8	6,817.0	512.6	335.6	1.6
Combustión comercial-institucional	81.6	81.6	0.5	855.9	1,461.1	109.5	71.7	0.3
Combustión habitacional	310.1	310.1	1.7	3,033.9	5,355.9	403.2	263.9	1.3
Fuentes móviles no carreteras	78.9	74.5	18.5	5,319.9	7,798.2	2,700.1	2,593.4	0.0
Operación de aeronaves	33.5	32.4	0.0	4,974.4	5,868.0	2,606.0	2,501.7	
Locomotoras (foráneas/ patio)	44.5	41.3	18.5	238.4	1,878.6	79.5	77.2	
Terminales de Autobuses de pasajeros	0.9	0.8		107.1	51.6	14.7	14.5	0.0
Uso de solventes						213,181.3	159,006.1	
Recubrimiento de superficies industriales						26,719.2	26,301.7	
Pintura automotriz						2,922.4	2,859.8	
Recubrimiento de superficies arquitectónicas						28,389.1	24,631.7	
Pintura tránsito						835.0	814.1	
Limpieza de superficies						37,573.8	22,544.3	
Lavado en seco						12,539.2	7,272.6	
Artes gráficas						8,349.7	8,349.7	
Aplicación de asfalto						311.0	311.0	
Productos de cuidado personal						31,729.0	21,897.2	
Productos misceláneos						835.0	584.5	
Productos de consumo doméstico						10,854.7	7,493.9	
Plaguicidas						24,423.0	16,845.6	
Pinturas en aerosol						1,398.6	960.2	
Productos para el cuidado automotriz						18,369.4	12,670.7	
Adhesivos y selladores						7,932.2	5,469.1	
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo						90,349	88,928	
Distribución y almacenamiento de gasolina						1,545	1,545	
Carga de combustible en aeronaves						6.8	6.8	
Distribución y almacenamiento de gas LP						4,865	4,788	
Fugas en instalaciones de gas LP						34,402	33,852	
HCNQ en la combustión de gas LP						49,530	48,737	
Fuentes industriales ligeras y comerciales						5,366.5	5,366.5	
Panaderías						5,343.8	5,343.8	
Esterilización en hospitales						22.6	22.6	
Manejo de residuos						319,486.8	14,927.3	
Rellenos sanitarios				149		316,627.7	12,296.9	
Tratamiento de aguas residuales						2,859.1	2,630.4	
Fuentes de área miscelánea	14,299	1,265	10	1,591	51	121	64	16,051
Incendios forestales	113	96	10	1,061	38	77	35	8
Incendio en estructuras	34	31	0	530	13	44	29	0
Emisiones domésticas de amoniaco								16,043
Camino pavimentados	2,693							
Camino sin pavimentar	11,459	1,138						
Total	14,770	1,731	31	10,801	14,666	631,718	271,221	16,053

Tabla 4.18 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes de área en la ZMVM (año 2020)

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2020							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Combustión en fuentes estacionarias	433.4	433.4	2.4	4,308.7	7,544.7	567.5	371.5	1.8
Combustión comercial-institucional	101.1	101.1	0.6	1,060.2	1,809.1	135.6	88.8	0.4
Combustión habitacional	332.3	332.3	1.8	3,248.5	5,735.6	431.9	282.7	1.4
Fuentes móviles no carreteras	83.4	78.9	18.9	5,807.1	8,437.7	2,969.6	2,854.2	0
Operación de aeronaves	37.0	35.7	0.1	5,490.9	6,477.2	2,876.5	2,761.4	
Locomotoras (foráneas/ patio)	45.4	42.2	18.8	243.2	1,916.5	81.1	78.8	
Terminales de Autobuses de pasajeros	1.0	1.0		73.0	44.0	12.0	14.0	
Uso de solventes						217,746.4	162,411.1	
Recubrimiento de superficies industriales						27,291.3	26,864.9	
Pintura automotriz						2,985.0	2,921.0	
Recubrimiento de superficies arquitectónicas						28,997.0	25,159.2	
Pintura tránsito						852.9	831.5	
Limpieza de superficies						38,378.4	23,027.1	
Lavado en seco						12,807.7	7,428.4	
Artes gráficas						8,528.5	8,528.5	
Aplicación de asfalto						317.7	317.7	
Productos de cuidado personal						32,408.5	22,366.1	
Productos misceláneos						852.9	597.0	
Productos de consumo doméstico						11,087.1	7,654.4	
Plaguicidas						24,946.0	17,206.3	
Pinturas en aerosol						1,428.5	980.8	
Productos para el cuidado automotriz						18,762.8	12,942.1	
Adhesivos y selladores						8,102.1	5,586.2	
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo						99,477	97,915	
Distribución y almacenamiento de gasolina						1,860	1,860	
Carga de combustible en aeronaves						7.2	7.2	
Distribución y almacenamiento de gas LP						5,476	5,388	
Fugas en instalaciones de gas LP						37,626	37,024	
HCNQ en la combustión de gas LP						54,507	53,635	
Fuentes industriales ligeras y comerciales						5,481.1	5,082.0	
Panaderías						5,458.3	5,060.0	
Esterilización en hospitales						22.8	22.0	
Manejo de residuos						326,324.8	15,243.6	
Rellenos sanitarios				152		323,408.1	12,560.2	
Tratamiento de aguas residuales						2,916.7	2,683.4	
Fuentes de área miscelánea	14,299	1,265	10	1,591	51	121	64	16,395
Incendios forestales	113	96	10	1,061	38	77	35	8
Incendio en estructuras	34	31	0	530	13	44	29	0
Emisiones domésticas de amoníaco								16,387
Caminos pavimentados	2,693							
Caminos sin pavimentar	11,459	1,138						
Total	14,816	1,777	31	11,707	16,033	652,687	283,941	16,397

Tabla 4.19 Comparación entre escenarios. Contaminantes criterio. Fuentes de área. ZMVM

Fuentes de área		Emisiones [ton/año]							
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
	2008	14,692	1,654	30	9,172	12,322	586,901	245,773	15,198
Alto	2012	14,739	1,700	30	10,174	13,751	616,901	262,336	15,793
Tendencial	2012	14,727	1,688	30	9,932	13,396	609,822	258,397	15,653
Bajo	2012	14,715	1,677	30	9,695	13,049	602,837	254,529	15,515
Alto	2016	14,797	1,759	31	11,355	15,479	646,112	279,594	16,323
Tendencial	2016	14,770	1,731	31	10,801	14,666	631,718	271,221	16,053
Bajo	2016	14,744	1,705	30	10,277	13,899	617,774	263,201	15,789
Alto	2020	14,863	1,824	32	12,646	17,413	674,699	297,213	16,787
Tendencial	2020	14,816	1,777	31	11,707	16,033	652,687	283,941	16,397
Bajo	2020	14,773	1,735	31	10,852	14,778	631,778	271,558	16,021

Tabla 4.20 Comparación entre escenarios (2008-2020). Fuentes de área. Contaminantes criterio, ZMVM

Fuentes de área	Incremento en emisiones 2008-2020							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Alto	1%	10%	8%	38%	41%	15%	21%	10%
Tendencial	1%	7%	6%	28%	30%	11%	16%	8%
Bajo	1%	5%	4%	18%	20%	8%	10%	5%

4.2.2 Contaminantes tóxicos, fuentes de área

En la Tabla 4.21 se presentan los resultados de las emisiones de contaminantes tóxicos para el escenario tendencial para los años 2008 a 2020. El crecimiento de las emisiones de contaminantes tóxicos de estas fuentes en el periodo de análisis será en promedio del 8%. Sin embargo el m-Xileno, tendrá un crecimiento mayor (14% para el escenario tendencial) debido a las emisiones de los rellenos sanitarios. En la Tabla 4.22 se comparan los resultados de las emisiones de contaminantes tóxicos para los tres escenarios. Para el escenario de alto crecimiento, las emisiones totales serán 11% mayores en 2020 que en 2008, para el más bajo, tan sólo 6% mayores.

Tabla 4.21 Contaminantes tóxicos, ZMVM. Fuentes de área. Escenario tendencial (2008-2020)

Contaminante	Actividad	2008	2012	2016	2020	2008-2020
		[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	[ton/año]	%
Tolueno	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (base agua)	8,005	8,244	8,455	8,636	8%
	Recubrimiento de superficies Industriales	4,979	5,128	5,259	5,371	8%
	Artes gráficas	1,623	1,672	1,714	1,751	8%
	Pintura automotriz	1,367	1,408	1,444	1,475	8%
	Otras actividades	3,685	3,806	3,912	4,006	9%
	Subtotal	19,659	20,257	20,784	21,238	8%
1,1,1-Tricloroetano	Limpieza en superficie industrial	8,421	8,673	8,894	9,084	8%
	Tratamiento de aguas residuales	402	413	423	432	7%
	Subtotal	8,823	9,086	9,317	9,516	8%
Metanol	Productos para el cuidado automotriz	5,896	6,072	6,227	6,360	8%
	Productos misceláneos	77	79	81	83	8%
	Productos de consumo doméstico	8	8	8	9	7%
	Otras actividades	43	44	45	46	7%
	Subtotal	6,024	6,204	6,362	6,498	8%
Tricloroetileno	Limpieza en superficie industrial	2,946	3,034	3,111	3,178	8%
	Pintura automotriz	25	26	26	27	8%
	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (base agua)	380	390	399	407	7%
	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (base solvente)	662	682	699	714	8%
	Otras actividades	49	51	54	56	14%
	Subtotal	4,062	4,183	4,290	4,382	8%
m-Xileno	Rellenos sanitarios	3,432	3,604	3,761	3,904	14%
	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (base agua)	1,112	1,145	1,174	1,200	8%
	Pintura automotriz	291	300	307	314	8%
	Limpieza en superficie industrial	264	272	279	285	8%
	Otras actividades	210	216	222	227	8%
	Subtotal	5,309	5,537	5,743	5,929	12%
Percloroetileno	Limpieza en superficie industrial	821	846	867	886	8%
	Lavado en seco (percloroetileno)	4,829	4,973	5,100	5,209	8%
	Productos de cuidado automotriz	331	341	350	357	8%
	Otras actividades	109	112	115	118	8%
	Subtotal	6,090	6,272	6,432	6,570	8%
Otros compuestos	51,946	53,527	54,916	56,117	8%	
Total ZMVM	101,913	105,067	107,845	110,251	8%	

Tabla 4.22. Contaminantes tóxicos, fuentes de área (2020)

Fuentes de área	2008 [ton/año]	2020 alto [ton/año]	2020 tendencial [ton/año]	2020 bajo [ton/año]
Tolueno	19,659	21,752	21,238	20,743
1,1,1- Tricloroetano	8,823	9,742	9,516	9,299
Metanol	6,024	6,652	6,498	6,350
Tricloroetileno	4,062	4,486	4,382	4,282
m-Xileno	5,309	6,131	5,929	5,735
Percloroetileno	6,090	6,726	6,570	6,419
Otros compuestos	51,946	57,474	56,117	54,810
Total	101,913	112,963	110,251	107,638
% respecto 2008		11%	8%	6%

4.2.3 Gases de efecto invernadero, fuentes de área

Los resultados de las emisiones de GEI (en CO₂ equivalente) se resumen en las Tablas 4.23 a 4.26, para los años 2008 a 2020. Las emisiones provenientes de la combustión de fuentes estacionarias crecerán en 35% entre 2008 y 2020 para el escenario tendencial. Sin embargo, el sector comercial-institucional tendrá un crecimiento mayor (70%) que el residencial (26%), debido al crecimiento dinámico del PIB comercial en la región. La distribución, almacenamiento y fugas de GLP presentan también un crecimiento importante (43 y 27% respectivamente), ya que si aumenta la población y el número de viviendas y no se toman medidas de reducción, el crecimiento tendrá este comportamiento. Las emisiones provenientes de incendios forestales se consideran constantes a su valor de 2008.

Las emisiones de GEI en el año 2020 asociadas a las fuentes de área llegarán a 16.4 Tg de CO₂ equivalente, rebasando las emisiones de las fuentes puntuales. El CO₂ y el CH₄ crecerán 31% y 32% respectivamente y las de N₂O tan sólo 8%. Esto se debe a que no hay emisiones de N₂O para ciertas actividades como por ejemplo los rellenos sanitarios.

La Tabla 4.27 muestra por su parte, el comparativo de los tres escenarios para todas las fuentes de área. Para los tres escenarios, las emisiones de GEI en el año 2020, serán 26%, 19% y 13% más altas que en 2008, para los escenarios alto, tendencial y bajo, respectivamente.

Tabla 4.23 Emisiones de GEI, fuentes de área, ZMVM (2008)
Miles de toneladas de CO₂ equivalente

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2008			
	CO2	N2O	CH4	Total
Combustión en fuentes estacionarias	5,764.3	2.8	2.3	5,769.4
Combustión comercial-institucional	1,089.1	0.5	0.4	1,090.0
Combustión habitacional	4,675.3	2.2	1.9	4,679.4
Fuentes móviles no carreteras	93.5	0.3	0.2	94.0
Operación de aeronaves	6.4	0.0	0.1	6.5
Locomotoras (foráneas/ patio)	83.8	0.2	0.1	84.1
Terminales de Autobuses de pasajeros	3.3	0.0	0.0	3.4
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo	-	2.9	-	2.9
Distribución y almacenamiento de gas LP	-	0.1	-	0.1
Fugas en instalaciones de gas LP	-	2.8	-	2.8
HCNQ en la combustión de gas LP	-	-	-	-
Manejo de residuos	788.7	7,185.9	-	7,974.6
Rellenos sanitarios	788.7	7,185.9	-	7,974.6
Tratamiento de aguas residuales	-	-	-	-
Fuentes de área miscelánea	18.6	0.1	-	18.6
Incendios forestales	18.6	0.1	-	18.6
Total	6,665.1	7,191.9	2.5	13,859.5

Tabla 4.24 Emisiones de GEI, fuentes de área, escenario tendencial, ZMVM (2012)
Miles de toneladas de CO₂ equivalente

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2012			
	CO2	N2O	CH4	Total
Combustión en fuentes estacionarias	6,314.4	3.0	2.5	6,320.0
Combustión comercial-institucional	1,212.3	0.6	0.5	1,213.4
Combustión habitacional	5,102.1	2.4	2.1	5,106.6
Fuentes móviles no carreteras	94.0	0.3	0.2	94.5
Operación de aeronaves	5.2	0.0	0.1	5.3
Locomotoras (foráneas/ patio)	85.5	0.2	0.1	85.8
Terminales de Autobuses de pasajeros	3.3	0.0	0.0	3.3
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo	-	3.2	-	3.2
Distribución y almacenamiento de gas LP	-	0.1	-	0.1
Fugas en instalaciones de gas LP	-	3.0	-	3.0
HCNQ en la combustión de gas LP	-	-	-	-
Manejo de residuos	812.2	7,400.9	-	8,213.1
Rellenos sanitarios	812.2	7,400.9	-	8,213.1
Tratamiento de aguas residuales	-	-	-	-
Fuentes de área miscelánea	18.6	0.1	-	18.6
Incendios forestales	18.6	0.1	-	18.6
Total	7,239.3	7,407.4	2.7	14,649.4

Tabla 4.25 Emisiones de GEI, fuentes de área, escenario tendencial, ZMVM (2016)
Miles de toneladas de CO₂ equivalente

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2016			
	CO2	N2O	CH4	Total
Combustión en fuentes estacionarias	7,012.0	3.4	2.8	7,018.2
Combustión comercial-institucional	1,499.3	0.7	0.6	1,500.7
Combustión habitacional	5,512.6	2.6	2.2	5,517.5
Fuentes móviles no carreteras	96.2	0.3	0.2	96.7
Operación de aeronaves	5.8	0.0	0.1	5.9
Locomotoras (foráneas/ patio)	87.3	0.2	0.1	87.6
Terminales de Autobuses de pasajeros	3.2	0.0	0.0	3.2
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo	-	3.4	-	3.4
Distribución y almacenamiento de gas LP	-	0.2	-	0.2
Fugas en instalaciones de gas LP	-	3.3	-	3.3
HCNQ en la combustión de gas LP	-	-	-	-
Manejo de residuos	832.9	7,589.5	-	8,422.4
Rellenos sanitarios	832.9	7,589.5	-	8,422.4
Tratamiento de aguas residuales	-	-	-	-
Fuentes de área miscelánea	18.6	0.1	-	18.6
Incendios forestales	18.6	0.1	-	18.6
Total	7,959.7	7,596.6	3.0	15,559.3

Tabla 4.26 Emisiones de GEI, fuentes de área, escenario tendencial, ZMVM (2020)
Miles de toneladas de CO₂ equivalente

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2020			
	CO2	N2O	CH4	Total
Combustión en fuentes estacionarias	7,760.8	3.7	3.1	7,767.7
Combustión comercial-institucional	1,856.8	0.9	0.7	1,858.4
Combustión habitacional	5,904.1	2.8	2.4	5,909.3
Fuentes móviles no carreteras	98.4	0.3	0.2	98.9
Operación de aeronaves	6.4	0.0	0.1	6.5
Locomotoras (foráneas/ patio)	89.0	0.2	0.1	89.3
Terminales de Autobuses de pasajeros	3.1	0.0	0.0	3.1
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo	-	3.7	-	3.7
Distribución y almacenamiento de gas LP	-	0.2	-	0.2
Fugas en instalaciones de gas LP	-	3.5	-	3.5
HCNQ en la combustión de gas LP	-	-	-	-
Manejo de residuos	850.8	7,752.0	-	8,602.8
Rellenos sanitarios	850.8	7,752.0	-	8,602.8
Tratamiento de aguas residuales	-	-	-	-
Fuentes de área miscelánea	18.6	0.1	-	18.6
Incendios forestales	18.6	0.1	-	18.6
Total	8,728.6	7,759.8	3.3	16,491.7

Tabla 4.27 Comparación de emisiones de GEI para fuentes de área para tres escenarios, ZMVM

Fuentes de área		Emisiones [miles de ton/año]			
		CO2	N2O	CH4	TOTAL
Alto	2008	6,665.1	7,191.9	2.5	13,859.5
	2012	7,438.3	7,472.9	2.8	14,914.0
Tendencial	2012	7,239.3	7,407.4	2.7	14,649.4
Bajo	2012	7,100.2	7,342.2	2.6	14,445.1
2016					
Alto	2016	8,423.8	7,721.9	3.2	16,148.8
Tendencial	2016	7,959.7	7,596.6	3.0	15,559.3
Bajo	2016	7,524.1	7,473.1	2.8	15,000.0
2020					
Alto	2020	9,524.9	7,937.8	3.6	17,466.3
Tendencial	2020	8,728.6	7,759.8	3.3	16,491.7
Bajo	2020	8,013.0	7,585.2	3.0	15,601.2

Tabla 4.28 Comparación entre escenarios (2008-2020). Fuentes de área. Emisiones de GEI, ZMVM

Fuentes de área	Emisiones [ton/año]			
	CO2	N2O	CH4	TOTAL
Alto	43%	10%	45%	26%
Tendencial	31%	8%	32%	19%
Bajo	20%	5%	20%	13%

4.3 Fuentes móviles

4.3.1 Parque vehicular

De acuerdo con las consideraciones planteadas en el capítulo de metodología, el parque vehicular de pasajeros y carga tendrá un crecimiento diferente para cada escenario. La Tabla 4.29 presenta el número de vehículos para pasajeros y la Tabla 4.30 para carga, para los tres escenarios, para el año 2020. Para el escenario tendencial, el parque vehicular de autos particulares para el año 2020 será de 6.5 millones.

La diferencia entre los tres escenarios es poca debido a que lo único que cambia son las ventas de automóviles nuevos, mientras la tasa de desecho permanece constante. Esto implica que a pesar de una tasa equivalente al doble entre un escenario y otro, el peso de los vehículos antiguos es muy grande.

En el caso del transporte de carga, el total de vehículos pasará de 341.5 miles en 2008 a 500.9 miles.

Tabla 4.29 Parque vehicular de pasajeros, tres escenarios

	2008	2020 Escenarios		
		Tendencial	Alto	Bajo
Autos particulares	3,689,761	6,513,515	6,917,638	6,155,515
Taxis	156,627	170,499	170,499	170,499
Combis	29,863	56,805	56,805	56,805
Microbuses	34,096	25,787	25,787	25,787
Autobuses	41,574	67,815	67,815	67,815
Motociletas	237,808	556,238	667,317	506,130
Metrobús	221	1,312	1,312	1,312

Tabla 4.30 Parque vehicular de carga, tres escenarios

	2008	2020 Escenarios		
		Tendencial	Alto	Bajo
Pick up	118,675	144,178	156,107	127,371
Vehículos < 3 ton	71,157	127,136	128,235	126,519
Vehículos > 3 ton	80,589	115,783	118,585	112,732
Tractocamiones	71,055	113,805	118,819	109,729
Total	341,476	500,902	521,746	476,351

4.3.2 Contaminantes criterio, fuentes móviles

El inventario de contaminantes criterio producto de las emisiones vehiculares para los años 2008 a 2020 para el escenario tendencial para el transporte de pasajeros y de carga puede visualizarse en las Tablas 4.31 a 4.34. La diferencia entre el inventario de emisiones publicado por la SMA (2009) para el año 2008, es porque en este estudio se utilizan factores de emisión promedio por año modelo.

Resalta en los resultados el impacto de la incorporación de la gasolina y el diesel de bajo contenido de azufre a partir del 2010 y 2012 respectivamente. Las reducciones más significativas se presentan en el año 2012 para el SO₂, el CO, los NO_x y los COV's³.

³ El azufre del combustible reduce la eficiencia de conversión del CO, los HC y el NO_x. El azufre compite con estos gases por superficie de reacción en el catalizador. El azufre de la corriente de escape se acumula en el TWC durante las condiciones de manejo normales y se libera como SO₂ durante los períodos de funcionamiento ricos en combustible y de alta temperatura, tales como la aceleración a fondo del vehículo. (Maricq et al, 2002). Las reducciones en los niveles de azufre de la gasolina —desde niveles de 200-600 ppm hasta 18-50 ppm— han dado como resultado reducciones correspondientes del 9-55% en las emisiones de

La Tabla 4.35 muestra la reducción de emisiones asociadas al uso generalizado de los combustibles de bajo contenido de azufre por tipo de vehículo. Para todo el sector, las reducciones serán de 59% para SO₂, 20% para CO, 30% para NO_x y 19% para COV's.

Por otro lado, las tablas 4.36 y 4.39 muestran la variación entre escenarios tendencial, bajo y alto. La disminución en el contenido de azufre de los combustibles permite que para el caso del SO₂, el CO y los NO_x, las emisiones sean menores en el año 2020 de lo que lo fueron en 2008, para los tres escenarios. Sin embargo, en el caso de los COV, las emisiones en el 2020 son mayores que en el 2008, en 1% para el escenario bajo, 5% para el tendencial y 11% para el alto. Esto se debe a que el crecimiento en el parque vehicular impacta más que la reducción provocada por el cambio de combustible.

Cabe destacar que la disponibilidad de combustibles de bajo contenido de azufre permite el uso de convertidores catalíticos más eficientes y en el caso del diesel, la utilización de trampas de partículas para reducir las emisiones de este contaminante. Sin embargo, así como hay una norma publicada que obliga a Pemex a introducir nuevos combustibles para los años 2010 (diesel con 30 ppm de azufre) y 2012 (gasolina con 30 ppm de azufre); no existe una norma oficial mexicana que obligue al uso de trampas de partículas.

Por esta razón, las emisiones de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y el NH₃ no se reducen y por el contrario para el año 2020 presentan importantes incrementos producto de la emisión de las fuentes móviles. Las PM₁₀ aumentan 12%, 16% y 20% para los escenarios bajo, tendencial y alto respectivamente y las PM_{2.5}, 11%, 13% y 17% respectivamente. El NH₃, tiene por su parte un crecimiento de 47%, 55% y 65% respectivamente.

HC y CO y del 8-77% en emisiones de NO_x, dependiendo de las tecnologías vehiculares y de las condiciones de manejo (ACEA, et al. 2006; Blumberg et al, 2003).

Tabla 4.31 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes móviles ZMVM (año 2008)

	Emisiones [ton/año] 2008						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Autos particulares	786	359	1,335	662,874	54,179	90,728	2,715
Taxis	200	91	340	126,940	13,376	14,639	693
Combis	31	13	98	87,379	4,350	8,741	114
Microbuses	93	66	173	162,046	6,178	10,921	58
Autobuses	100	76	440	43,831	26,151	7,109	31
Motociletas	158	88	103	183,949	2,162	34,945	48
Metrobús	1	1	2	179	150	36	0
Total	1,369	695	2,492	1,267,197	106,546	167,118	3,658
Pick up	61	36	120	161,287	5,745	12,785	168
Vehículos < 3 ton	108	86	83	65,816	2,229	5,239	52
Vehículos > 3 ton	439	416	189	136,931	8,812	9,119	42
Tractocamiones	1,429	1,275	268	39,157	22,443	6,246	23
	2,038	1,814	660	403,191	39,229	33,389	286
TOTAL	3,407	2,509	3,152	1,670,389	145,775	200,507	3,944

Tabla 4.32 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes móviles ZMVM (2012)

	Emisiones [ton/año] 2012						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Autos particulares	851	389	511	423,327	24,976	54,360	3,088
Taxis	198	90	104	71,658	4,952	6,952	711
Combis	37	16	45	33,630	4,469	3,486	146
Microbuses	89	63	138	246,641	8,246	14,159	55
Autobuses	121	92	115	41,629	23,744	3,785	37
Motociletas	216	121	44	193,314	2,849	53,579	64
Metrobús	4	3	0	132	95	31	1
Total	1,516	774	957	1,010,331	69,331	136,353	4,102
Pick up	60	37	63	105,349	2,814	8,914	171
Vehículos < 3 ton	121	98	63	53,088	1,804	4,630	102
Vehículos > 3 ton	445	466	57	130,014	7,701	7,804	81
Tractocamiones	1,482	1,328	141	34,743	20,192	5,012	27
Total	2,107	1,929	325	323,195	32,511	26,360	381
TOTAL	3,623	2,703	1,282	1,333,525	101,842	162,713	4,483

Tabla 4.33 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes móviles ZMVM (2016)

	Emisiones [ton/año] 2016						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Autos particulares	944	431	484	441592	25293	51717	3665
Taxis	188	86	89	73608	4670	6878	713
Combis	46	21	35	29156	4121	3980	186
Microbuses	80	57	116	229060	7298	13060	50
Autobuses	147	112	135	46082	25845	4427	45
Motociletas	286	140	48	246691	3779	76997	87
Metrobús	6	224	1	153	104	44	1
Total	1,697	1,070	908	1,066,343	71,110	157,103	4,746
Pick up	59	38	53	83662	2543	7537	188
Vehículos < 3 ton	130	106	65	48229	2127	4647	129
Vehículos > 3 ton	446	483	58	122741	7438	7182	93
Tractocamiones	1454	1304	134	32897	19314	4914	32
Total	2,089	1,930	310	287,529	31,421	24,280	442
TOTAL	3,786	3,001	1,218	1,353,872	102,531	181,383	5,188

Tabla 4.34 Emisiones de contaminantes criterio, escenario tendencial, fuentes móviles ZMVM (2020)

	Emisiones [ton/año] 2020						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Autos particulares	1074	490	470	478722	24777	50914	4452
Taxis	173	79	72	70815	3968	6468	698
Combis	58	26	38	39197	5232	7585	235
Microbuses	69	49	92	219570	5724	13155	43
Autobuses	169	129	148	48579	27035	4905	51
Motociletas	370	190	53	281220	4889	104514	112
Metrobús	7	5	1	175	113	57	1
Total	1,922	969	874	1,138,278	71,737	187,599	5,593
Pick up	62	40	47	66976	2237	6183	222
Vehículos < 3 ton	136	111	66	43127	2425	4581	157
Vehículos > 3 ton	424	474	57	113808	6885	6406	105
Tractocamiones	1396	1251	126	30700	18390	4829	38
Total	2,019	1,876	297	254,611	29,936	21,999	522
TOTAL	3,940	2,845	1,170	1,392,889	101,673	209,597	6,115

Tabla 4.35 Reducción de emisiones para el escenario tendencial, por la comercialización masiva de combustibles de bajo contenido de azufre para las fuentes móviles

	Reducción 2012-2008 (%)			
	SO ₂	CO	NO _x	COV
Autos particulares	-62	-36	-54	-40
Taxis	-69	-44	-63	-53
Combis	-55	-62	3	-60
Microbuses	-20	52	33	30
Autobuses	-74	-5	-9	-47
Motocicletas	-57	5	32	53
Metrobús	-79	-26	-37	-14
Total	-62	-20	-35	-18
Pick up	-47	-35	-51	-30
Vehículos < 3 ton	-24	-19	-19	-12
Vehículos > 3 ton	-70	-5	-13	-14
Tracto camiones	-47	-11	-10	-20
Total	-51	-20	-17	-21
TOTAL	-59	-20	-30	-19

Tabla 4.36 Emisiones totales de contaminantes criterio, fuentes móviles para los tres escenarios

Fuentes Móviles		Emisiones [ton/año]						
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
2008		3,407	2,509	3,152	1,670,389	145,775	200,507	3,944
Alto	2012	3,634	2,929	1,284	1,340,779	101,953	163,437	383,097
Tendencial	2012	3,623	2,703	1,282	1,333,525	101,842	162,713	4,483
Bajo	2012	3,616	2,919	1,281	1,329,511	101,784	162,341	382,986
Alto	2016	3,844	3,032	1,228	1,387,479	102,990	185,364	5,308
Tendencial	2016	3,786	3,001	1,218	1,353,872	102,531	181,383	5,188
Bajo	2016	3,744	2,978	1,210	1,334,470	102,275	179,333	5,070
Alto	2020	4,097	2,929	1,199	1,486,073	102,895	222,070	6,495
Tendencial	2020	3,940	2,845	1,170	1,392,889	101,673	209,597	6,115
Bajo	2020	3,831	2,786	1,147	1,341,049	101,001	203,433	5,778

Tabla 4.37 Cambio porcentual en las emisiones de contaminantes criterio para fuentes móviles (2008-2020)

Fuentes móviles	Incremento en emisiones 2008-2020						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Alto	20%	17%	-62%	-11%	-29%	11%	65%
Tendencial	16%	13%	-63%	-17%	-30%	5%	55%
Bajo	12%	11%	-64%	-20%	-31%	1%	47%

4.3.3 Contaminantes tóxicos, fuentes móviles

La Tabla 4.36 muestra las emisiones de contaminantes tóxicos de las fuentes móviles para el escenario base.

4.3.4 Gases de efecto invernadero, fuentes móviles

Las emisiones de GEI provenientes de las fuentes móviles para el escenario tendencial se presentan en las Tablas 4.37 a 4.40 para los años 2008, 2012, 2016 y 2020. Los resultados están en miles de tonelada de CO₂ equivalente. Para el año 2020, las emisiones de GEI llegarán a 37 Tg de CO₂ equivalente. Vale la pena mencionar que este resultado tiene diferencias con estudios previos (Sheinbaum et al., 2009); que sobrevaloraban las emisiones de los tres gases para el año 2020. La razón de esta diferencia estriba en que en este trabajo se documenta de mejor manera el rendimiento vehicular, el cual es significativamente mayor a trabajos anteriores. Asimismo, las hipótesis en el crecimiento de las ventas de este trabajo son más modestas.

Por su parte, las Tablas 4.41 y 4.42 resumen los resultados para los tres escenarios. Entre el año 2008 y el 2020, el crecimiento en las emisiones de GEI representa 47%, 54%, 63% para los escenarios, bajo, tendencial y alto, respectivamente (Tablas 43 a 45).

Tabla 4.38 Contaminantes tóxicos, escenario tendencial, fuentes móviles, ZMVM

Fuentes móviles	Emisiones [miles de ton/año]				
	2008	2012	2016	2020	2008-2020
Benceno	5014.98	5923.86	7083.27	8577.80	71%
MetilTerbutilÉter	917.24	1164.40	1466.84	1845.46	101%
1,3-Butadieno	869.49	1075.64	1332.98	1650.85	90%
Formaldehído	2733.09	3382.39	4188.69	5147.76	88%
Acetaldehído	842.06	1033.21	1271.09	1551.81	84%
Acroleína	108.49	130.60	158.49	191.49	76%
Naftaleno	40.26	47.09	56.11	67.47	68%
Etilbenceno	1875.17	2275.19	2777.64	3415.03	82%
n-Hexano	935.95	1136.21	1387.48	1703.21	82%
Estireno	449.09	545.08	665.57	817.33	82%
Tolueno	13160.45	15966.71	19492.06	23971.54	82%
Xileno	7443.15	9030.15	11023.94	13555.03	82%
2,2,4Trimetilpentano	4492.64	5453.68	6658.52	8192.18	82%
Propionaldehído*	146.36	180.24	222.38	271.05	85%
Acenafteno	0.34	0.40	0.47	0.57	68%
Acenaftileno	1.86	2.19	2.62	3.15	69%
Antraceno	0.40	0.47	0.57	0.68	69%
Benzo(a)antraceno	0.08	0.09	0.11	0.13	72%
Benzo(a)pireno	0.06	0.07	0.08	0.10	71%
Benzo(b)fluoranteno	0.07	0.08	0.09	0.11	73%
Benzo(g,h,i)perileno	0.12	0.14	0.17	0.20	69%
Benzo(k)fluoranteno	0.07	0.08	0.09	0.11	73%
Criseno	0.05	0.06	0.08	0.09	72%
Dibenz(a,h)antraceno	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	132%
Fluoranteno	0.44	0.52	0.63	0.76	72%
Fluoreno	0.71	0.84	1.00	1.21	70%
Indeno(123cd)pireno	0.04	0.04	0.05	0.06	70%
Fenantreno	1.20	1.42	1.70	2.06	71%
Pireno	0.61	0.72	0.87	1.05	72%
EVAPORATIVOS					
Benceno	485.32	557.44	655.31	770.46	59%
Metil Trebutil Eter	3635.17	4182.12	4926.23	5805.66	60%
Naftaleno	27.91	32.12	37.81	44.50	59%
Etilbenceno	516.80	593.76	698.13	820.94	59%
n-Hexano	322.72	371.49	438.56	518.66	61%
Tolueno	2775.48	3188.51	3748.81	4408.06	59%
Xileno	1497.66	1720.48	2022.76	2378.42	59%
2,2,4-Trimetilpentano	1058.51	1216.29	1430.25	1682.00	59%

Tabla 4.39 (Continuación)

Emisiones [miles de ton/año]					
Fuentes móviles	2008	2012	2016	2020	2008-2020
METALES					
Cromo (Cr6+)	0.09	0.11	0.13	0.15	67%
Cromo (Cr3+)	0.14	0.16	0.19	0.23	67%
Manganeso	0.08	0.09	0.11	0.13	67%
Níquel	0.17	0.20	0.24	0.29	67%
Mercurio	0.24	0.28	0.34	0.41	72%
Arsénico	0.26	0.31	0.37	0.44	70%

Tabla 4.40 Emisiones de GEI, fuentes móviles (inventario 2008)

	Emisiones [ton/año] 2008		
	CO2	CH4	N2O
Autos particulares	9,812	17.6	123.4
Taxis	2,147	2.5	30.8
Combis	630	1.3	6.1
Microbuses	1,080	2.6	19.4
Autobuses	2,400	0.3	2.1
Motociletas	1,542	9.1	8.2
Metrobús	20	0.0	0.0
Total	17,631	33	190
Pick up	983	3	20
Vehículos < 3 ton	818	1	6
Vehículos > 3 ton	1,955	3	16
Tractocamiones	2,416	0	1
Total	6,172	7	42
TOTAL	23,803	41	232

Tabla 4.41 Emisiones de GEI, fuentes móviles, escenario tendencial, ZMVM (2012)

	Emisiones [ton/año] 2012		
	CO2	CH4	N2O
Autos particulares	11,066	15.1	136.6
Taxis	2,177	2.3	31.1
Combis	814	1.1	8.1
Microbuses	1,030	2.2	19.0
Autobuses	2,958	0.3	2.5
Motocicletas	2,101	12.4	7.5
Metrobús	59	0.0	0.0
Total	20,205	34	205
Pick up	937	2.6	19.3
Vehículos < 3 ton	1,004	1.1	7.6
Vehículos > 3 ton	2,167	2.4	16.4
Tractocamiones	2,806	0.2	1.4
Total	6,913	6	45
TOTAL	27,118	40	249

Tabla 4.42 Emisiones de GEI, fuentes móviles, escenario tendencial, ZMVM (2016)

	Emisiones [ton/año] 2016		
	CO2	CH4	N2O
Autos particulares	12,980.9	14.8	160.4
Taxis	2,153.3	2.2	30.8
Combis	859.3	0.5	7.9
Microbuses	929.5	1.9	16.7
Autobuses	3,602.7	0.4	2.9
Motocicletas	2,787.1	16.4	6.9
Metrobús	88.3	0.0	0.0
Total	23,401	36	226
Pick up	979	2.3	21.1
Vehículos < 3 ton	1,229	1.1	9.2
Vehículos > 3 ton	2,492	2.2	18.2
Tractocamiones	3,290	0.2	1.7
Total	7,990	6	50
TOTAL	31,391	42	276

Tabla 4.43 Emisiones de GEI, fuentes móviles, escenario tendencial, ZMVM (2020)

	Emisiones [ton/año] 2020		
	CO2	CH4	N2O
Autos particulares	15,559	15	192
Taxis	2,073	2	30
Combis	1,036	1	10
Microbuses	809	2	13
Autobuses	4,174	0	3
Motociletas	3,605	21	19
Metrobús	117	0	0
Total	27,372	41	268
Pick up	1,098	2	25
Vehículos < 3 ton	1,472	1	11
Vehículos > 3 ton	2,832	2	20
Tractocamiones	3,870	0	2
Total	9,271	5	58
TOTAL	36,644	47	326

Tabla 4.44 Emisiones de GEI, tres escenarios, fuentes móviles, ZMVM

Fuentes móviles		Emisiones [miles de ton/año]			
		CO2	CH4	N2O	Total
Alto Tendencial Bajo	2008	23,803	41	232	24,076
	2012	27,142	40	253	27,435
	2012	27,118	40	249	27,408
	2012	26,923	39	251	27,213
Alto Tendencial Bajo	2016	32,140	44	290	32,474
	2016	31,391	42	276	31,708
	2016	31,840	40	277	32,157
Alto Tendencial Bajo	2020	38,835	52	346	39,233
	2020	36,644	47	326	37,016
	2020	34,974	44	308	35,326

Tabla 4.45 Comparación de emisiones de GEI, fuentes móviles, ZMVM (2208-2020)

Fuentes móviles	Emisiones [miles de ton/año]			
	CO2	CH4	N2O	Total
Alto	63%	28%	49%	63%
Tendencial	54%	15%	40%	54%
Bajo	47%	8%	32%	47%

5. CONCLUSIONES

Una herramienta fundamental en la planeación de medidas y políticas de calidad del aire y de mitigación de gases de efecto invernadero, es el cálculo de las emisiones a futuro, a partir de escenarios tendenciales, o base que estiman cuáles serán los inventarios de emisión si las tendencias se mantienen constantes.

A partir del escenario base generado, pueden calcularse cuáles serían los impactos de medidas y políticas en la reducción de emisiones e incluso los costos de mitigación. En este trabajo se realiza una primera aproximación a escenarios base de crecimiento de las emisiones de contaminantes criterio, tóxicos y de GEI para la ZMVM para el año 2020.

Los escenarios denominados, bajo, tendencial y alto establecen distintas hipótesis de crecimiento del PIB por sector manufacturero y del comercial, de la población y las viviendas, de la venta de vehículos y del crecimiento del parque de transporte público en la ZMVM. En general, el escenario tendencial refleja el crecimiento entre el año 2000 y el 2008, el bajo implica un crecimiento 30% menor y el alto, un crecimiento 30% mayor.

Asimismo, los escenarios incorporan medidas a futuro, que ya han sido aprobadas previamente. Tal es el caso de la gasolina y el diesel vehicular de bajo contenido de azufre, que en el primer caso se generaliza en la ZMVM a partir del 2010 y en el caso de la gasolina se comercializará masivamente en la ZMVM, en el año 2012, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana publicada en 2006, NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

El uso de combustibles vehiculares de bajo contenido de azufre (30 ppm) se ve reflejado en una disminución del SO₂, pero también del CO, COV y NO_x producto de un mejor funcionamiento de los convertidores catalíticos.

Las Tablas 5.1 y 5.2 muestran los inventarios de emisión de contaminantes criterio para los años 2008 y 2020⁴ para el escenario tendencial, mientras la Tabla 5.3 presenta la contribución porcentual de cada sector para los dos años. Destaca el incremento porcentual de las emisiones de las fuentes puntuales para todos los contaminantes. Esto es resultado de la disminución de las emisiones de las fuentes puntuales en SO₂, CO, NO_x y COV, pero también debido al crecimiento de ciertas ramas industriales. Vale la pena reconocer la importancia del transporte privado en la contribución de las emisiones de las fuentes móviles. La Tabla 5.4 muestra como la incorporación de la gasolina de bajo contenido de azufre disminuye la participación del auto privado y aumenta de forma importante el de las motocicletas y del transporte pesado de carga.

⁴ El inventario de 2008 varía ligeramente con el reportado por la SMA (2009) porque en este caso se utilizan factores de emisión promedio.

La Tabla 5.5 presenta el resultado total para los tres escenarios y la Tabla 5.6 presenta las variaciones porcentuales de las emisiones para los años 2008 y 2020 para los tres escenarios. Las emisiones de PM₁₀ tendrán un crecimiento de entre el 5 y el 11%, mientras las emisiones de PM_{2.5} crecerán entre 9 y 17%. Las emisiones de SO₂, CO y NO_x se reducirán significativamente como resultado del uso de gasolina y diesel de bajo contenido de azufre.

Sin embargo, las emisiones de COV crecen debido a que la reducción provocada por el cambio de combustible se ve opacada por el crecimiento del parque vehicular.

Cabe destacar que la disponibilidad de combustibles de bajo contenido de azufre permite el uso de convertidores catalíticos más eficientes y en el caso del diesel, la utilización de trampas de partículas para reducir las emisiones de este contaminante. Sin embargo, el uso de estas tecnologías no fue tomado en cuenta, pues no están establecidas aun, en ninguna reglamentación.

Por esta razón, las emisiones de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y el NH₃ no se reducen. Por el contrario, para el año 2020 presentan importantes incrementos producto principalmente del crecimiento en las emisiones de las fuentes móviles.

Por otro lado, las Tablas 5.7 y 5.8 presentan los inventarios de emisiones de GEI para 2008 y 2020 para el escenario tendencial; mientras la Tabla 5.9 muestra la composición por sector de cada GEI. Se espera que para el año 2020 las emisiones de GEI se incrementen en 37%, llegando a 64.7 Tg de CO₂ equivalente.

Para el caso de los GEI, la incorporación de combustibles vehiculares de bajo contenido de azufre no tiene ningún impacto en particular para el CO₂, cuya emisión depende del contenido de carbono en el combustible. Por esta razón, a diferencia del inventario de contaminantes criterio, la estructura de las emisiones por sector no presenta importantes variaciones.

El resultado para los tres escenarios en valores absolutos se muestra en la Tabla 5.10 y en la Tabla 5.11 se presenta la variación porcentual entre 2008 y 2020 para los tres escenarios. Las emisiones de GEI aumentarán entre 30% y 40% dependiendo del escenario.

Finalmente, la Tabla 5.12 muestra las emisiones de contaminantes tóxicos para los tres escenarios por sector. El incremento será de entre 23 y 38%.

Como conclusiones importantes, vale la pena destacar la importancia de las fuentes puntuales, en particular de aquellas ramas cuyo PIB está creciendo en la región (química, metálicas básica, productos metálicos, maquinaria y equipo).

Asimismo, en las fuentes móviles, es importante diseñar medidas para disminuir las emisiones provenientes del incremento en el uso de la motocicleta, que en la mayoría de los casos no tiene ninguna tecnología de control.

Como importantes medidas tecnológicas de reducción de emisiones de contaminantes criterio es indispensable incorporar las nuevas tecnologías para vehículos que aprovechen la comercialización masiva de los combustibles vehiculares de bajo contenido de azufre. En el caso de la gasolina, los convertidores catalíticos de última generación que permitirán reducir aún más las emisiones de precursores de ozono (COV y NOx) y para el diesel, las trampas de partículas; que generarán reducciones importantes en emisión de PM10 y PM2.5.

En el caso de las emisiones de GEI, las únicas medidas para su reducción en el caso de la quema de combustibles fósiles son la eficiencia energética y el uso de biocombustibles o fuentes renovables de energía.

Sin embargo, es necesario analizar el impacto en las emisiones de contaminantes criterio del uso de biocombustibles.

No todas las medidas tecnológicas o de cambio de combustible influyen en la reducción de contaminantes criterio, tóxicos y de GEI. Para conseguir la mitigación de todas las emisiones se requieren medidas particulares o políticas que influyan en cambios estructurales, tales como la sustitución del auto privado por el transporte público o el uso de fuentes renovables de energía en la industria y las fuentes de área.

Tabla 5.1 Inventario de contaminantes criterio, escenario tendencial (2008)

	Emisiones [ton/año]						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	4,803	641	3,440	4,846	8,912	129,028	56
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	870	74	134	439	1,445	7,431	8
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	466	31	140	143	386	11,844	5
Industria de la madera y productos de madera	111	9	134	12	36	1,746	0
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	140	76	702	484	1,237	23,034	6
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	782	75	829	665	1,488	64,142	27
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1,429	265	1,085	959	1,342	1,314	3
Industrias metálicas básicas	153	28	196	589	1,864	2,080	2
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	826	80	177	1,534	990	15,941	4
Otras industrias manufactureras	27	4	44	22	126	1,495	1
Fuentes de área	14,692	1,654	30	9,172	12,322	245,773	15,198
Combustión en fuentes estacionarias	322	322	2	3,196	5,605	276	1
Fuentes móviles no carreteras	71	67	18	4,385	6,666	2,139	
Uso de solventes						150,551	
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo						73,521	
Fuentes industriales ligeras y comerciales						5,082	
Manejo de residuos						14,140	
Fuentes de área miscelánea	14,299	1,265	10	1,591	51	64	15,197
Fuentes móviles	3,406	2,507	3,151	1,670,389	145,775	200,508	3,944
Autos particulares	786	359	1,335	662,874	54,179	90,728	2,715
Taxis	200	91	340	126,940	13,376	14,639	693
Combis	31	13	98	87,379	4,350	8,741	114
Microbuses	93	66	173	162,046	6,178	10,921	58
Autobuses	100	76	440	43,831	26,151	7,109	31
Motocicletas	158	88	103	183,949	2,162	34,945	48
Metrobús	1	1	2	179	150	36	0
Pick up	61	36	120	161,287	5,745	12,785	168
Vehículos < 3 ton	108	86	83	65,816	2,229	5,239	52
Vehículos > 3 ton	439	416	189	136,931	8,812	9,119	42
Tractocamiones	1,429	1,275	268	39,157	22,443	6,246	23
TOTAL	22,902	4,802	6,620	1,684,407	167,009	575,309	19,199

Tabla 5.1 Inventario de contaminantes criterio, escenario tendencial (2020)

	Emisiones [ton/año]						
	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	6,180	1,014	4,138	8,832	23,978	157,251	164
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1,162	99	179	586	1,930	9,925	11
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	435	29	130	133	360	11,050	5
Industria de la madera y productos de madera	50	4	60	5	16	786	0
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	178	96	888	612	1,564	29,128	8
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	928	89	984	790	1,766	76,139	33
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1,752	315	1,287	1,138	1,418	1,560	4
Industrias metálicas básicas	219	40	281	845	2,672	2,981	3
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,184	108	237	2,160	1,315	23,005	5
Otras industrias manufactureras	45	6	73	37	211	2,511	1
Generación de energía eléctrica	229	229	18	2,527	12,727	166	96
Fuentes de área	14,816	1,777	31	11,707	16,033	283,941	16,397
Combustión en fuentes estacionarias	433	433	2	4,309	7,545	372	2
Fuentes móviles no carreteras	83	79	19	5,807	8,438	2,854	
Uso de solventes						162,411	
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo						97,915	
Fuentes industriales ligeras y comerciales						5,082	
Manejo de residuos						15,244	
Fuentes de área miscelánea	14,299	1,265	10	1,591	51	64	16,395
Fuentes móviles	3,938	2,844	1,170	1,392,889	101,675	209,597	6,114
Autos particulares	1,074	490	470	478,722	24,777	50,914	4,452
Taxis	173	79	72	70,815	3,968	6,468	698
Combis	58	26	38	39,197	5,232	7,585	235
Microbuses	69	49	92	219,570	5,724	13,155	43
Autobuses	169	129	148	48,579	27,035	4,905	51
Motocicletas	370	190	53	281,220	4,889	104,514	112
Metrobús	7	5	1	175	113	57	1
Pick up	62	40	47	66,976	2,237	6,183	222
Vehículos < 3 ton	136	111	66	43,127	2,425	4,581	157
Vehículos > 3 ton	424	474	57	113,808	6,885	6,406	105
Tractocamiones	1,396	1,251	126	30,700	18,390	4,829	38
TOTAL	24,934	5,635	5,339	1,413,428	141,686	650,790	22,675

Tabla 5.3 Contribución de cada sector por contaminante (2008 y 2020)

	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
	2008						
Fuentes puntuales	21%	13%	52%	0%	5%	22%	0%
Fuente de área	64%	34%	0%	1%	7%	43%	79%
Fuentes móviles	15%	52%	48%	99%	87%	35%	21%
	2020						
Fuentes puntuales	25%	18%	77%	1%	17%	24%	1%
Fuente de área	59%	32%	1%	1%	11%	44%	72%
Fuentes móviles	16%	50%	22%	99%	72%	32%	27%

Tabla 5.4 Contribución de los modos de transporte a las emisiones de contaminantes criterio en las fuentes móviles (escenario tendencial)

	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Autos particulares	3.4%	7.5%	20.2%	39.4%	32.4%	15.8%	14.1%
Taxis	0.9%	1.9%	5.1%	7.5%	8.0%	2.5%	3.6%
Combis	0.1%	0.3%	1.5%	5.2%	2.6%	1.5%	0.6%
Microbuses	0.4%	1.4%	2.6%	9.6%	3.7%	1.9%	0.3%
Autobuses	0.4%	1.6%	6.6%	2.6%	15.7%	1.2%	0.2%
Motocicletas	0.7%	1.8%	1.6%	10.9%	1.3%	6.1%	0.3%
Metrobús	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Pick up	0.3%	0.7%	1.8%	9.6%	3.4%	2.2%	0.9%
Vehículos < 3 ton	0.5%	1.8%	1.3%	3.9%	1.3%	0.9%	0.3%
Vehículos > 3 ton	1.9%	8.7%	2.9%	8.1%	5.3%	1.6%	0.2%
Tractocamiones	6.2%	26.6%	4.0%	2.3%	13.4%	1.1%	0.1%
Autos particulares	4.3%	8.7%	8.8%	33.9%	17.5%	7.8%	19.6%
Taxis	0.7%	1.4%	1.3%	5.0%	2.8%	1.0%	3.1%
Combis	0.2%	0.5%	0.7%	2.8%	3.7%	1.2%	1.0%
Microbuses	0.3%	0.9%	1.7%	15.5%	4.0%	2.0%	0.2%
Autobuses	0.7%	2.3%	2.8%	3.4%	19.1%	0.8%	0.2%
Motocicletas	1.5%	3.4%	1.0%	19.9%	3.5%	16.1%	0.5%
Metrobús	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Pick up	0.2%	0.7%	0.9%	4.7%	1.6%	1.0%	1.0%
Vehículos < 3 ton	0.5%	2.0%	1.2%	3.1%	1.7%	0.7%	0.7%
Vehículos > 3 ton	1.7%	8.4%	1.1%	8.1%	4.9%	1.0%	0.5%
Tractocamiones	5.6%	22.2%	2.4%	2.2%	13.0%	0.7%	0.2%

Tabla 5.5 Comparación de emisiones de contaminantes criterio

Totales		Emisiones [ton/año]						
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
	2008	23,099	5,001	6,637	1,686,584	177,974	575,450	19,281
Alto	2012	23,662	5,500	4,845	1,358,455	136,631	560,588	399,035
Tendencial	2012	23,542	5,248	4,785	1,350,816	135,816	553,438	20,279
Bajo	2012	23,428	5,438	4,727	1,346,424	135,067	546,754	398,642
Alto	2016	24,560	5,764	5,224	1,407,284	141,701	615,659	21,790
Tendencial	2016	24,213	5,664	5,042	1,372,737	139,492	596,702	21,394
Bajo	2016	23,898	5,576	4,870	1,352,442	137,572	580,349	21,007
Alto	2020	25,610	5,839	5,680	1,508,236	145,923	688,303	23,456
Tendencial	2020	24,936	5,636	5,339	1,413,428	141,683	650,789	22,676
Bajo	2020	24,353	5,467	5,031	1,360,099	138,235	621,389	21,954

Tabla 5.6 Crecimiento en las emisiones de contaminantes criterio (2008-2020)

Totales	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃
Alto	11%	17%	-14%	-11%	-18%	20%	22%
Tendencial	8%	13%	-20%	-16%	-20%	13%	18%
Bajo	5%	9%	-24%	-19%	-22%	8%	14%

Tabla 5.7 Inventario de emisiones de GEI (2008)

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2008			
	CO2	N2O	CH4	Total
Fuentes puntuales	9234	8	5	9246
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1123	0.9	0.6	1125
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	352	0.5	0.2	353
Industria de la madera y productos de madera	27	0.0	0.0	27
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1105	0.8	0.6	1106
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1463	2.2	1.1	1466
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	907	1.0	0.6	908
Industrias metálicas básicas	314	0.2	0.2	315
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	825	0.6	0.4	826
Otras industrias manufactureras	49	0.1	0.0	49
Generación de energía eléctrica	3067	1.6	1.4	3070
Fuentes de área	6665	7192	3	13860
Combustión en fuentes estacionarias	5764	2.8	2.3	5769
Fuentes móviles no carreteras	94	0.3	0.2	94
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo	-	2.9	-	3
Manejo de residuos	789	7185.9	-	7975
Fuentes de área miscelánea	19	0.1	-	19
Fuentes móviles	23803	40	233	24076
Autos particulares	9812	17.6	123.4	9953
Taxis	2147	2.5	30.8	2180
Combis	630	1.3	6.1	637
Microbuses	1080	2.6	19.4	1102
Autobuses	2400	0.3	2.1	2402
Motocicletas	1542	9.1	8.2	1559
Metrobús	20	0.0	0.0	20
Pick up	983	3.0	20.0	1006
Vehículos < 3 ton	818	1.0	6.0	825
Vehículos > 3 ton	1955	3.0	16.0	1974
Tractocamiones	2416	0.0	1.0	2417
TOTAL	39702	7240	240	47182

Tabla 5.8 Inventario de emisiones de GEI, escenario tendencial (2020)

Sector	Emisiones por contaminante [ton /año] 2020			
	CO2	N2O	CH4	Total
Fuentes puntuales	11220	9	6	11235
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	1500	1.2	0.8	1502
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	329	0.4	0.2	329
Industria de la madera y productos de madera	12	0.0	0.0	12
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	1397	1.1	0.7	1399
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1737	2.6	1.3	1741
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	1076	1.1	0.7	1078
Industrias metálicas básicas	450	0.3	0.2	451
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1075	0.7	0.5	1077
Otras industrias manufactureras	82	0.1	0.1	83
Generación de energía eléctrica	3560	1.9	1.6	3563
Fuentes de área	8729	7760	3	16492
Combustión en fuentes estacionarias	7761	3.7	3.1	7768
Fuentes móviles no carreteras	98	0.3	0.2	99
Almacenamiento y transporte derivados de petróleo	-	3.7	-	4
Manejo de residuos	851	7752.0	-	8603
Fuentes de área miscelánea	19	0.1	-	19
Fuentes móviles	36645	46	325	37016
Autos particulares	15559	15.0	192.0	15766
Taxis	2073	2.0	30.0	2105
Combis	1036	1.0	10.0	1047
Microbuses	809	2.0	13.0	824
Autobuses	4174	0.0	3.0	4177
Motocicletas	3605	21.0	19.0	3645
Metrobús	117	0.0	0.0	117
Pick up	1098	2.0	25.0	1125
Vehículos < 3 ton	1472	1.0	11.0	1484
Vehículos > 3 ton	2832	2.0	20.0	2854
Tractocamiones	3870	0.0	2.0	3872
TOTAL	56593	7815	334	64743

Tabla 5.9 Contribución porcentual por sector (escenario tendencial)

	CO2	N2O	CH4	Total
2008				
Fuentes puntuales	23%	0%	2%	20%
Fuente de área	17%	99%	1%	29%
Fuentes móviles	60%	1%	97%	51%
2020				
Fuentes puntuales	20%	0%	2%	17%
Fuente de área	15%	99%	1%	25%
Fuentes móviles	65%	1%	97%	57%

Tabla 5.10 Emisiones totales de GEI (tres escenarios)

Totales		Emisiones [miles de ton/año]				
		CO2	CH4	N2O	Total	
Alto	2008	39,702	7,241	239	47,182	
	2012	44,207	7,521	261	51,989	
	Tendencial	2012	43,818	7,455	257	51,531
Bajo	2012	43,321	7,389	259	50,968	
Alto	2016	51,333	7,775	299	59,407	
	Tendencial	2016	49,662	7,647	285	57,593
	Bajo	2016	49,238	17,387	10,154	57,031
Alto	2020	60,387	8,000	356	68,743	
	Tendencial	2020	56,592	7,816	335	64,743
	Bajo	2020	53,457	7,638	317	61,412

Tabla 5.11 Variación 2008-2020, emisiones de GEI

Totales	Diferencia 2008-2020			
	CO2	CH4	N2O	Total
Alto	52%	10%	49%	46%
Tendencial	43%	8%	40%	37%
Bajo	35%	5%	32%	30%

Tabla 5.12 Contaminantes tóxicos

	2008	Alto 2020	Tendencial 2020	Bajo 2020
Fuentes puntuales	23,996	32,426	29,891	27,555
Fuentes de área	101,913	112,963	110,251	107,638
Fuentes móviles	49354	96,181	87,397	80,362
Totales	175,263	241,570	227,539	215,555
Diferencia respecto a 2008		38%	30%	23%

REFERENCIAS

European Automobile Manufacturers Association; Alliance of Automobile Manufacturers; Engine Manufacturers Association; Japan Automobile Manufacturers Association. 2006. World Wide Fuel Charter. Four Edition.

Blumberg, K, Walsh, M., Pera Ch. 2003. Gasolina y diesel de bajo azufre, la clave para disminuir las emisiones vehiculares.

Chávez, C. Sheinbaum C. 2010. Fuel economy of new passenger cars in Mexico: Trends from 1988 to 2008 and prospects. Aceptado para ser publicado en Energy Policy.

EPA (1997). Manuales de Inventario de Emisiones de México (Vol. 5, p. 11-6), E.U.U. <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf>

EPA, 2010. Evaluación de Riesgo para Contaminantes Tóxicos del Aire: Guía de un Ciudadano. http://www.epa.gov/ttn/atw/3_90_024sp.html

Escobar-Delgadillo, J.L., Jiménez Rivera J.S. 2009. Urbanismo y sustentabilidad: estado actual del desarrollo urbano de la ZMVM. Revista Digital Universitaria Vol. 10 No. 7. <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art40/int40-4.htm>

GDF. 2006a. Gaceta Oficial del Distrito Federal 23 de enero de 2006. Declaratoria de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

INEGI. 2000a. *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Consulta interactiva de datos.

INEGI. 2005a. *Conteo de Población y Vivienda*. Consulta interactiva de datos. www.inegi.org.mx/lib/olap/general_ver4/MDXQueryDatos.asp

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Banco de Información Económica.

Iracheta, A. 1997. Planeación y desarrollo. Una Visión a Futuro. Plaza y Valdés. México DF.
IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"; Workbook (Volume 2)*.

Lozano A. 2009. Mapas de la ZMVM, en Sheinbaum C, 2009. Evaluación de oportunidades de mitigación de emisiones de efecto invernadero en medios de transporte masivo en las zonas metropolitanas de México, Guadalajara y Monterrey. Informe que presenta el Instituto de Ingeniería de la UNAM al Instituto Nacional de Ecología, México DF, Julio 2009.

Maricq, M.M., Chase, R.E., Xu, N., Laing, P.M. 2002. The effects of the catalytic converter and fuel sulfur level on motor vehicle particulate matter emissions: Light duty diesel vehicles. *Environmental Science and Technology* 36 (2), pp. 283-289

PNUMA, SMA-GDF y Centro Geo. 2004. Informe GEO Ciudad de México: una visión territorial del sistema urbano ambiental. México DF.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA). 2006. Informe de la Calidad del Aire. México DF.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA). 2010a. *Inventario de emisiones criterio de la ZMVM, 2008*. <http://www.sma.df.gob.mx>

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA). 2010b. *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la ZMVM, 2008*. Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA). 2010b. *Inventario de emisiones de contaminantes tóxicos de la ZMVM, 2008*.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMA-EdoMex). 2007. Programa de Aire Limpio para la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Toluca, Mexico.

Secretaría de Transporte y Vialidad del Gobierno del Distrito Federal (SETRAVI). 2008, Resumen de encuesta origen destino.

Sistema de Transporte Colectivo Metro (STCM). <http://www.metro.gob.mx>

Sheinbaum C, 2008. Problemática Ambiental de la Ciudad de México. Limusa, México DF.

Sheinbaum C, 2009. Evaluación de oportunidades de mitigación de emisiones de efecto invernadero en medios de transporte masivo en las zonas metropolitanas de México, Guadalajara y Monterrey. Informe que presenta el Instituto de Ingeniería de la UNAM al Instituto Nacional de Ecología, México DF, Julio 2009.