

# EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002-2010

---

---

Autores:

Dra. Violeta Mugica Álvarez

Mtro. José de Jesús Figueroa Lara

Mtro. Adolfo Hernández Moreno

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco  
Av. San Pablo 180 Col. Reynosa, Tamaulipas, 02200  
México, D.F., 2010.

## PRESENTACIÓN

Con el propósito de avanzar en el mejoramiento de la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, en febrero de 2002, los miembros que integran la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) presentaron el “Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010”, que reúne ochenta y nueve acciones a desarrollarse en el corto, mediano y largo plazo por los gobiernos Federal, del Estado de México y del Distrito Federal, y por diferentes sectores de la sociedad involucrados para enfrentar el impacto en la calidad del aire derivado del crecimiento de la población, la expansión de la mancha urbana y en consecuencia, por el incremento del parque vehicular, y las actividades industriales y de servicios.

El PROAIRE 2002-2010 es actualmente el principal instrumento de gestión para dirigir las líneas de acción en materia de contaminación atmosférica en la región. Para proteger la salud humana de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica en la ZMVM, el PROAIRE 2002-2010 tiene como objetivo reducir los niveles de contaminación del aire de manera gradual, hasta alcanzar niveles que eviten que la población, especialmente los grupos más vulnerables, se exponga a niveles de contaminación riesgosos.

Durante los últimos ocho años, las diferentes dependencias gubernamentales, el sector educativo, el sector privado y la sociedad han desarrollado una serie de acciones contempladas por el documento del PROAIRE 2002-2010, para lograr la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera, responsable de la mala calidad del aire que ocasiona el incumplimiento de las normas de salud.

A un año de que finalice este programa, es momento de realizar la evaluación y seguimiento de sus estrategias y medidas, para dar paso al diseño del siguiente Programa de Calidad del Aire que habrá de regir la política de acción en materia de contaminación atmosférica los próximos años.

En este contexto, la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGGCARETC), solicitó a la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco la realización del proyecto que se presenta en este documento y cuyo objetivo general es la Evaluación y Seguimiento del PROAIRE 2002-2010.

Entre los objetivos particulares que se pretenden cumplir en esta evaluación se tiene:

- I. Evaluar el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas en el PROAIRE
- II. Evaluar la efectividad en la reducción de emisiones atmosféricas de las medidas y acciones implementadas en el marco del PROAIRE.
- III. Evaluar la contribución en el mejoramiento de la calidad del aire de la ZMVM por la implementación de las medidas del PROAIRE, utilizando herramientas de modelación.
- IV. Identificar y jerarquizar las medidas que deben ser consideradas por su contribución en la reducción de emisiones, para el PROAIRE 2011-2020.

- V. Identificar las medidas que deben ser replanteadas en el nuevo PROAIRE para mejorar su beneficio ambiental e incluir los puntos a fortalecer en cada medida.
- VI. Identificar las debilidades y fortalezas del PROAIRE.

Se espera que este documento de evaluación fortalezca la política ambiental de la ZMVM, así como el seguimiento y la evaluación del proceso de mitigación de la contaminación ambiental, además de contribuir tanto en la elaboración del próximo programa de calidad de aire como en las estrategias y medidas que se deriven del mismo.

El desarrollo de esta evaluación se integró en ocho capítulos que se describen brevemente a continuación:

- El capítulo 1 contiene una descripción del PROAIRE 2002-2010 y sus antecedentes: las condiciones de calidad del aire que le dieron origen y los daños a la salud que éstas propiciaron; así como los objetivos y metas del programa y las estrategias para llevarlos a cabo. De esta manera en todo momento se tendrá una referencia de lo que se está evaluando.
- En el capítulo 2 se presenta un panorama de la evolución de la Zona Metropolitana del Valle de México durante el desarrollo del PROAIRE 2002-2010. Se incluye la forma en que se ha modificado la ZMVM, el desarrollo de los factores socioeconómicos como población, vivienda, industria, transporte y consumo energético, que proporcionan el marco de condiciones que han prevalecido durante el desarrollo del programa. Así mismo, se analiza la evolución de las emisiones a la atmósfera y el sistema de medición de la calidad del aire.
- El capítulo 3 describe la metodología seguida para la evaluación del PROAIRE 2002-2010.
- En el capítulo 4 se analiza el avance y cumplimiento de cada una de las 89 medidas, destacándose las actividades desarrolladas y los beneficios obtenidos, con el fin de emitir recomendaciones específicas.
- En el capítulo 5 se llevó a cabo la evaluación de las reducciones alcanzadas por las diferentes estrategias y medidas. Esta evaluación se realizó en forma cuantitativa para las medidas cuyas reducciones eran cuantificables, comparando las reducciones esperadas con las alcanzadas hasta el año 2008, en el cual se tienen series completas de datos, Para el resto de las estrategias y medidas, se realizó una evaluación cualitativa.
- En el capítulo 6 se realizó la evaluación de los efectos que tuvieron las acciones realizadas en la calidad del aire, así como los beneficios a la salud y se emitieron las conclusiones y recomendaciones al respecto.
- El capítulo 7 incluye la modelación de escenarios para las concentraciones de ozono. Los escenarios modelados fueron el año 2002 cuando comenzó el PROAIRE 2002-2010, que se compara con el año 2008 y la proyección al año 2010, tanto en un escenario con la aplicación del PROAIRE como en un escenario sin la aplicación del PROAIRE.

- El capítulo 8 resume las conclusiones y recomendaciones del PROAIRE-2002-2010.

Los autores de esta evaluación agradecen a las distintas dependencias del Distrito Federal, del Estado de México y la Comisión Ambiental Metropolitana que atendieron nuestra solicitud de información. En particular agradecemos al personal de la Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal por su paciencia y amabilidad al permitirnos comparar los resultados de los cálculos de emisiones a la atmósfera con los obtenidos por ellos, así como por sus opiniones, sugerencias y colaboración en la modelación de los escenarios.

Asimismo, se agradece al Programa Fogarty, por el apoyo recibido para contar con sugerencias de expertos internacionales en calidad del aire.

## CONTENIDO

1. Descripción del PROAIRE 2002-2010	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Efectos socioeconómicos considerados en el PROAIRE 2002-2010	16
1.3 Condiciones de la Calidad del Aire que dieron origen al programa PROAIRE 2002-2010	19
1.4 Estructura y contenido del PROAIRE 2002-2010	22
1.5 Sistema de administración	28
1.6 Documentos de referencia	29
2. Evolución de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010	31
2.1 Expansión de la ZMVM	31
2.2 Crecimiento de la población y vivienda en la ZMVM	34
2.3 Crecimiento del Sector industrial	35
2.4 Comercio y Servicios	36
2.5 Transporte	37
2.6 Uso de la Energía	39
2.7 Uso del suelo y vegetación	41
2.8 Evolución de las Emisiones Contaminantes en la ZMVM	43
2.9 Evolución del Sistema de Monitoreo Atmosférico	48
2.10 Evolución de las normas de calidad del aire	50
2.11 Documentos de referencia	51
3. Metodología de Evaluación del PROAIRE 2002-2010	53
3.1 Consideraciones generales.	53
3.2 Indicadores para la evaluación de las medidas.	55
3.3 Evaluación de la reducción de emisiones de las fuentes de emisión.	56
3.4 Evaluación de los efectos en la calidad del aire y cumplimiento de las normas de salud asociados al PROAIRE 2002-2010	56
3.5 Evaluación de los cambios en la calidad del aire a través de la modelación de escenarios	57
3.6 Documentos de referencia	60
4. Avances en la aplicación de las medidas del PROAIRE 2002-2010	61
4.1 Medidas de Transporte, vialidad y control vehicular	66
4.2 Medidas de Industria	129
4.3 Medidas de Servicios	143
4.4 Medidas de Conservación de Recursos Naturales	161
4.5 Medidas de Protección de la Salud	198
4.6 Medidas de Educación Ambiental	213
4.7 Medidas de Fortalecimiento Institucional	222
5. Evaluación de la Reducción de Emisiones por las Estrategias	233
5.1 Estrategia de reducción de emisiones generadas por el transporte	234
5.2 Estrategia de reducción de emisiones de la industria y los servicios	239
5.3 Estrategia para la preservación y restauración de los recursos naturales y prevención de la expansión de la mancha urbana	243
5.4 Estrategia para la integración de las políticas de desarrollo urbano transporte y calidad del aire	246
5.5 Estrategia para la prevención de la exposición de la población a niveles de contaminación riesgosos Mediante la evaluación y comunicación de riesgos	246
5.6 Estrategia para el reforzamiento del marco normativo y su cumplimiento	247
5.7 Estrategia para el fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico	248
5.8 Cobeneficios mediante la reducción de contaminantes urbanos y de gases de efecto	249

---

invernadero	
6. Evaluación de los Efectos en la Calidad del Aire y la Salud del PROAIRE 2002-2010	251
6.1 Evaluación de los efectos en la calidad del aire	251
6.2 Evaluación del Cumplimiento de las Normas de Salud	263
6.3 Beneficios a la Salud	268
6.4 Documentos de referencia	271
7. Evaluación de los cambios de la calidad del aire durante el PROAIRE 2002-2010a través de la modelación de escenarios.	273
7.1 Características de la modelación	273
7.2 Escenarios de modelación	279
7.3 Resultados y Discusión	280
7.4 Documentos de referencia	296
8. Conclusiones y Recomendaciones	297
8.1 Conclusiones y recomendaciones relacionadas con el alcance de los objetivos y las metas de calidad del aire y salud del PROAIRE 2002-2010.	297
8.2 Conclusiones y recomendaciones sobre el cumplimiento y las reducciones de las medidas del PROAIRE 2002-2010	299
8.3 Conclusiones y recomendaciones relacionadas con las fortalezas y debilidades en la instrumentación del PROAIRE 2002-2010	304
Anexos	307

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Emisiones contaminantes por sector en 1998.	21
Cuadro 1.2. Modernización y mejoramiento tecnológico	24
Cuadro 1.3. Estrategias para industria y servicios	25
Cuadro 1.4. Grupos de trabajo del PROAIRE 2002-2010	28
Cuadro 2.1 Consumo energético por tipo de combustible en la ZMVM, 2008	41
Cuadro 2.2 Evolución de las emisiones de contaminantes de la ZMVM 1998-2008	43
Cuadro 2.3 Datos de emisión de contaminantes por tipo de fuente.	46
Cuadro 2.4 Emisión de contaminantes tóxicos por sector en la ZMVM.	47
Cuadro 2.5 Emisión de gases de efecto invernadero en la ZMVM.	48
Cuadro 2.6. Evolución del número de estaciones de monitoreo del SIMAT	48
Cuadro 2.7. Normatividad relativa a las concentraciones atmosféricas de contaminantes criterio.	50
Cuadro 4.1 Resumen de Avance de Medidas	62
Cuadro 4.2. Instrumentación de la medida G8-1-PT1	67
Cuadro 4.3. Reducción en las emisiones debidas a la medida G8-1-PT1	67
Cuadro 4.4. Gasolinhas distribuidas en la ZMVM	68
Cuadro 4.5. Reducción en las emisiones de SO <sub>2</sub> debidas a la medida G7-1-PT2	69
Cuadro 4.6. Reducción en las emisiones de sulfatos debidas a la medida G7-1-PT2	69
Cuadro 4.7. Instrumentación de la medida G4-1-PT3	71
Cuadro 4.8. Reducción en las emisiones debidas a la medida G4-1-PT3	71
Cuadro 4.9. Instrumentación de la medida G4-2-PT4	73
Cuadro 4.10. Reducción en las emisiones debidas a la medida G4-2-PT4	73
Cuadro 4.11. Edad promedio de los vehículos ZMVM	73
Cuadro 4.12. Sustitución de convertidores	75
Cuadro 4.13. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G4-3-PT5	75
Cuadro 4.14. Sanciones realizadas a vehículos ostensiblemente contaminantes	78
Cuadro 4.15. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G4-5-PT7	78
Cuadro 4.16. Instrumentación de la medida G6-1-PT8	79
Cuadro 4.17. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G6-1-PT8	79
Cuadro 4.18. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G6-1-PT9	81
Cuadro 4.19. Autorregulación de vehículos a diesel	89
Cuadro 4.20. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G4-9-PT16	90
Cuadro 4.21. Instrumentación medida G6-3-PT17	92
Cuadro 4.22. Reducción en la emisión de contaminantes por el corredor "Cero Emisiones" de la medida G6-4-PT19	94
Cuadro 4.23. Reducción en la emisión de contaminantes por la	97
Introducción del Metrobús. Medida G3-1-PT20	97
Cuadro 4.24. Implementación de la medida G6-6-PT22	99
Cuadro 4.25. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-6-PT22	100
Cuadro 4.26. Programa de sustitución de vehículos de carga en la ZMVM	101
Cuadro 4.27. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-12-PT23	102
Cuadro 4.28. Instrumentación de la medida G6-16-PT26	105
Cuadro 4.29. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-16-PT26	106
Cuadro 4.30. Inventario de vehículos a GLP	111
Cuadro 4.31. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-9-PT30	112
Cuadro 4.32. Instrumentación de la medida G6-10-PT31	113
Cuadro 4.33. Reducciones por la medida G3-4-PT36	121
Cuadro 4.34. Instrumentación de la medida G3-5-PT37	124
Cuadro 4.35. Instrumentación de la Medida G1-1-PI1	129
Cuadro 4.36. Reducciones por la Medida G1-1-PI1	130
Cuadro 4.37. Instrumentación de la Medida G1-2-I2	132
Cuadro 4.38. Reducciones por la Medida G1-2-I2	132

Cuadro 4.39. Instrumentación de la Medida G1-3-I3	133
Cuadro 4.40. Instrumentación de la Medida G1-4-I4	134
Cuadro 4.41. Instrumentación de la Medida G1-5-I5	136
Cuadro 4.42. Instrumentación de la Medida G1-6-I6	138
Cuadro 4.43. Instrumentación de la Medida G7-6-I7	140
Cuadro 4.45. Instrumentación de la Medida G1-7-S1	144
Cuadro 4.46. Instrumentación de la Medida G7-4-S4	148
Cuadro 4.47. Instrumentación de la Medida G1-10-S5	151
Cuadro 4.48. Instrumentación de la Medida G1-11-S6	153
Cuadro 4.49. Instrumentación de la Medida G7-5-S8	156
Cuadro 4.50. Asentamientos irregulares del Distrito Federal	168
Cuadro 4.51. Prevención de incendios en la ZMVM	171
Cuadro 4.52. Pago por servicios ambientales	174
Cuadro 4.53. Manantiales en la ZMVM	176
Cuadro 4.54. Áreas naturales Protegidas en la ZMVM	180
Cuadro 4.55. Cronología del Programa de Contingencias en la ZMVM	199
Cuadro 4.56. Proyectos apoyados por el FIDAM	229
Cuadro 5.1 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (diciembre 2008)	233
Cuadro 5.2 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (en 2008) para Vehículos y Transportes.	236
Cuadro 5.3. Recomendaciones y jerarquización de las Medidas de Vehículos y Transportes	237
Cuadro 5.4 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (en 2008) para la Industria	240
Cuadro 5.5. Medidas de Industria	240
Cuadro 5.6 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (en 2008) en Servicios	242
Cuadro 5.7. Recomendación y jerarquización de las Medidas de Servicios	242
Cuadro 5.8. Reducciones en gases de efecto invernadero (GEI) debidas a medidas en Transporte y Vialidad.	250
Cuadro 6.1. Eventos con incrementos extraordinarios registrados de PM <sub>10</sub>	255
Cuadro 6.2. Eventos con incrementos extraordinarios registrados de NO <sub>2</sub>	258
Cuadro 6.3. Eventos con incrementos extraordinarios registrados de SO <sub>2</sub>	259
Cuadro 6.4 Excedencia de las normas de calidad del aire para contaminantes criterio	263
Cuadro 6.5 Aplicación de las Fases I y Precontingencia Atmosféricas declaradas por la CAM de 2001 a 2008	264
Cuadro 6.6 Comparación de contingencias ambientales antes y durante el PROAIRE 2002-2010	265
Cuadro 6.7 Muertes evitadas por disminución de ozono	269
Cuadro 6.8 Muertes evitadas por disminución de PM <sub>10</sub>	269
Cuadro 7.1. Giros utilizados para realizar la caracterización de COT.	278
Cuadro 7.2. Resumen de emisiones estimadas para los escenarios (ton/año).	280
Cuadro 7.3. Correlaciones entre las estimaciones de ozono y datos medidos.	281

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tendencia anual del CO	19
Figura 1.2 Tendencia anual del SO <sub>2</sub>	19
Figura 1.3 Tendencia anual del Pb en PST.	20
Figura 1.4 Tendencia anual de PST y PM <sub>10</sub>	20
Figura 1.5 Tendencias anuales de NO <sub>x</sub> y NO <sub>2</sub>	20
Figura 1.6 Tendencias anuales de Ozono	20
Figura 1.7. Contribución porcentual de los sectores en el inventario de Emisiones 1998	21
Figura 1.8. Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México	28
Figura 2.1. La ZMVM en el 2002	32
Figura 2.2. La ZMVM después del 2006	33
Figura 2.3 Evolución de la población en la ZMVM	34
Figura 2.4. Eficiencia energética de la industria manufacturera de México.	36
Figura 2.5 Evolución del Parque Vehicular en la ZMVM	37
Figura 2.6. Evolución del sistema modal de transporte en la ZMVM	38
Figura 2.7 Ventas automotrices	39
Figura 2.8 Comparación de ventas, PIB e inflación.	39
Figura 2.9. Evolución del consumo energético en la ZMVM	40
Figura 2.10 Tendencia en el consumo de las gasolinas magna y premium.	41
Figura 2.11. Uso de suelo en la ZMVM	42
Figura 2.12. Evolución de la distribución porcentual de las emisiones a la atmósfera	44
Figura 2.13. Comparación de la evolución de las emisiones estimadas en los inventarios y las concentraciones medidas por el SIMAT.	45
Figura 2.14 Porcentaje de Emisiones en las dos entidades federativas de la ZMVM	46
Figura 2.15. Contribución porcentual por tipo de fuente a los principales contaminantes tóxicos (2006)	47
Figura 2.16 Distribución y cobertura de las estaciones del SIMAT	49
Figura 3.1. Esquemización de escenarios.	58
Figura 3.2. Diagrama de flujo del proceso de evaluación	59
Figura 4.1. Edad promedio de la flota de microbuses en los últimos años	80
Figura 4.2. Corredor Insurgentes para las pruebas de campo.	91
Figura 4.3. Visitas de verificación a establecimientos	139
Figura 4.4 Incendios Forestales en el Estado de México	172
Figura 4.5. Reforestación en 18 municipios del Estado de México, 2000-2006	183
Figura 6.1 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles) de Ozono	252
Figura 6.2. Distribución de frecuencia de las concentraciones promedio diarias de O <sub>3</sub> en ppm del primer semestre de los años 2007-2009	253
Figura 6.3 Frecuencia de días conforme a la calidad del aire por O <sub>3</sub> en la ZMVM (IMECAS)	253
Figura 6.4 Evolución de las concentraciones de O <sub>3</sub> en la ZMVM (1990-2008)	254
Figura 6.5 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de PST	255
Figura 6.6 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de PM <sub>10</sub>	256
Figura 6.7 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de PM <sub>2.5</sub>	256
Figura 6.8 Variación estacional de la concentración de partículas en 2008 (PST, PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> )	257
Figura 6.9 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de NO <sub>2</sub>	258
Figura 6.10 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de SO <sub>2</sub>	259
Figura 6.11 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de CO	260
Figura 6.12 Tendencia anual del pH de lluvia en la ZMVM (valores menores a 5.6 indican presencia de lluvia ácida)	261
Figura 6.13 Impacto de los Programas de Calidad del Aire en la reducción de contaminantes (1990-2008)	262
Figura 7.1 Dominios ó coberturas geográficas de modelación. El dominio 3 (izquierda) representa la región de la ZMVM donde se ubican las principales fuentes de emisiones antropogénicas.	274
Figura 7.2. Capas verticales empleadas en el dominio 3. Esquemización de la resolución vertical (dimensión 3 ó Z) de los dominios de modelación.	274

Figura 7.3. Tramos utilizados para la distribución de emisiones de fuentes móviles y distribución de los mismos en celdas del dominio 3 (derecha).	276
Figura 7.4. Representación de AGEB (polígonos irregulares color naranja) y distribución de éstos en celdas del dominio 3 (derecha).	276
Figura 7.5. Ubicación geográfica de las principales industrias establecidas en la ZMVM.	277
Figura 7.6 Localización de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, así como la división política de la ZMVM (líneas negras y grises) y los sectores IMECA (línea roja).	281
Figura 7.7. Concentraciones horarias máximas de ozono del día 15/Febrero, en los escenarios base.	282
Figura 7.8. Diferencias en las emisiones de COT, CO y NOx del ESC2008 vs. PB2008 (Con PROAIRE 2008).	283
Figura 7.9. Comparación de las concentraciones horarias de los días 14, 15, 16 y 17 de febrero 2008 Con y Sin PROAIRE	284
Figura 7.10 Comparación de las concentraciones horarias de los días 14, 15, 16 y 17 de febrero 2008 Con y Sin PROAIRE	285
en las zonas noroeste y noreste.	285
Figura 7.11. Diferencias entre las concentraciones horarias máximas del ESC2008 frente a la PB2008.	286
Figura 7.12. Diferencias en las emisiones de COT, CO y NOx del Escenario 2010 vs. PROAIRE 2010.	287
Figura 7.13 Comparación de las concentraciones horarias de los días 14, 15, 16 y 17 de febrero 2010 Con y Sin PROAIRE en la ZMVM.	288
Figura 7.14. Diferencias entre las concentraciones horarias máximas del ESC2010 frente a la PB2010.	289
Figura 7.15 Modelación de concentraciones de ozono. Caso Base 2002.	289
Figura 7.16. Modelación de concentraciones de ozono. 2008 Sin PROAIRE	290
Figura 7.17. Modelación de concentraciones de ozono. 2008 CON PROAIRE	290
Figura 7.18. Modelación de concentraciones de ozono. 2010 Sin PROAIRE	291
Figura 7.19. Modelación de concentraciones de ozono. 2010 Con PROAIRE	291
Figura 7.20. Cambios en las concentraciones de ozono para el caso 2008. A) 14:00 hrs del jueves 14 de febrero. B) 14:00 hrs del viernes 15 de febrero. C) 14:00 hrs del sábado 16 de febrero.	292
Figura 7.22. Cambios en las concentraciones de ozono para el caso 2010. A) 14:00 hrs del jueves 14 de febrero. B) 14:00 hrs del viernes 15 de febrero. C) 14:00 hrs del sábado 16 de febrero.	294
Figura 7.23. Cambios en las concentraciones de PM <sub>10</sub> a las 14:00 hrs del 14 de Febrero. A) Caso año 2008. B) Caso año 2010.	295
Figura 7.24. Cambios en las concentraciones de PM <sub>10</sub> a las 14:00 hrs del 15 de Febrero. A) Caso año 2008. B) Caso año 2010.	295

## LISTA DE ACRÓNIMOS

ACI	Asociación de Cámaras Industriales
ACTC	Asociación de Camioneros de Transporte de Carga
ALDF	Asamblea Legislativa del Distrito Federal
AMIA	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz
ANPACT	Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones
ANTP	Asociación Nacional de Transporte Privado
ANTRA	Asociación Nacional de Transportistas
ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
BANOBRAS	Banco Nacional de Obras
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAM	Comisión Ambiental Metropolitana
CANACAR	Cámara Nacional de Autotransporte de Carga
CANACINTRA	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CANACO	Cámara Nacional de Comercio
CANALAVA	Cámara Nacional de Lavanderías
CEA	Centros de Educación Ambiental
CECADESU	Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable
CENAM	
CENICA	Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental
CEPANAF	Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna
CETRAM	Centro de transferencia modal
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CICA	Centro de Información de la Calidad del Aire
CICA	Centro de Información de la Calidad del Aire
CIPI	Comisión Intersecretarial de Política Industrial
CMP+L	Centro Mexicano para la Producción más Limpia
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios
COMETAH	Comisión de Asentamientos Humanos
COMETRAVI	Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad
CONABIO	Comisión Nacional de Biodiversidad
CONAE	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CORENA	Comisión de Recursos Naturales
CORETT	Comisión para la regulación de la tenencia de la Tierra
CTS	Centro para el Transporte Sustentable
DGCORENADER	Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural
DGGCARETC	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
DGPCAIE	Dirección General de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones
DGSPT-GEMEX	Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito del estado de México
DOF	Diario Oficial de la Federación
EMA	Entidad Mexicana de Acreditación
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency)
FIDAM	Fideicomiso Ambiental del Valle de México
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía
FOTAC	Frente de Organizaciones de Transporte
GDF	Gobierno del Distrito Federal

GEMEX	Gobierno del Estado de México
GNC	Gas natural comprimido
GLP	Gas licuado de petróleo
ICyTDF	Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INER	Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
INSP	Instituto nacional de Salud Pública
IPCC	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IT	Instituto del Taxi
LFC	Luz y Fuerza del Centro
MIT	Massachussets Institute of Tecnology
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organismos No Gubernamentales
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROBOSQUE	Protectora de Bosques
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RAMA	Red Automática de Monitoreo Atmosférico
REDDA	Red de Depósito Atmosférico
REDMA	Red Manual de Monitoreo Atmosférico
REDMET	Red de Meteorología y Radiación Solar
RTP	Red de Transporte de Pasajeros
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SCT-GEMEX	Secretaría del Comunicaciones y Transportes del Gobierno del estado de México
SE	Secretaría de Economía
SECBS-GEMEX	Secretaría de Cultura y Bienestar Social del Estado de México
SEDAGRO	Secretaría de Desarrollo Agropecuario
SDE-GDF	Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito Federal
SDUOP-GEMEX	Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado de México
SDA-GEMEX	Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México
SEDECO-DF	Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito Federal
SEDEMET	Secretarías de Desarrollo Metropolitano
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEDUOP-GEMEX	Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Publicas del Gobierno del Estado de México
SEDUVI	Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda
SE-GEMEX	Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SEP	Secretaría de Educación Pública
SETRAVI	Secretaría de Transportes y Vialidad
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIEM	Sistema Empresarial Mexicano
SIMAT	Sistema de Monitoreo Atmosférico
SMA-GDF	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal
SMA-GEMEX	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
SOS-GDF	Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal

---

SS	Secretaría de Salud
SS-GDF	Secretaría de Salud del Distrito Federal
SS-GEMEX	Secretaría de Salud del Gobierno del Estado de México
SSP	Secretaría de Seguridad Pública
STC-M	Sistema de Transporte Colectivo–Metro
STE	Sistema de Transporte Eléctrico
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social
UACM	Universidad Autónoma de la Ciudad de México
UAEM	Universidad Autónoma del Estado de México
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UAM-A	Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
WRI	World Resources Institute

# 1

## DESCRIPCIÓN DEL PROAIRE 2002-2010

### 1.1 ANTECEDENTES

En la década de los sesenta los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) comenzaron a tomar conciencia de los problemas que ocasionaba la contaminación ambiental, y aunque se realizaron los primeros intentos para reducirla, no se contaba con el conocimiento técnico suficiente ni las estructuras institucionales adecuadas. Las acciones tomadas no alcanzaron el impacto necesario para contener la contaminación, ni mucho menos para abatirla.

Al inicio de los ochenta se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, se comienza a dar impulso a algunas acciones para enfrentar el problema de la contaminación atmosférica y se instala la primera Red de Monitoreo Atmosférico. A pesar de ello, la calidad del aire continuó empeorando fuertemente y se llegaron a declarar las primeras contingencias ambientales.

El Gobierno de la Ciudad publica en 1986 las *21 Acciones para Disminuir la Contaminación Atmosférica*, asimismo, el trabajo conjunto de científicos y ecologistas dio origen a las *100 Medidas Necesarias propuestas para reducir las emisiones contaminantes en 1987*.

La instrumentación del Primer Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) se acordó en octubre de 1990, entre varias instituciones gubernamentales. Los esfuerzos de las acciones de los ochenta y del PICCA, derivaron en la reducción significativa de plomo, bióxido de azufre y monóxido de carbono en la atmósfera. Ese fue el resultado de la modificación de los combustibles, la restricción vehicular obligatoria, la introducción de los convertidores catalíticos, el control de emisiones evaporativas y las limitaciones a la actividad de la industria, en algunas termoeléctricas se comenzó a utilizar gas natural en lugar de combustóleo y se cerró definitivamente la Refinería 18 de Marzo. Así mismo, se implementaron medidas de reforestación y en el transporte público que se dio lugar a la sustitución de las combis por microbuses.

En 1996, la entonces Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, la Secretaría de Salud, el Gobierno del Estado de México y el entonces Departamento del Distrito Federal acordaron la instrumentación del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000*, conocido como PROAIRE I, con el propósito de ampliar, reforzar y dar continuidad a las medidas iniciadas a principios de la década. En ese mismo año se formó la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) que fungiría como una instancia coordinadora entre los distintos actores gubernamentales.

A diferencia del PICCA, el PROAIRE I planteó por primera vez objetivos cuantitativos en materia de calidad del aire en un horizonte de tiempo definido, con un conjunto de metas, estrategias e instrumentos orientados a la industria, a los vehículos, a la planeación del desarrollo urbano y al transporte público. Incluyó también algunos fundamentos de análisis económico, complementario a los enfoques normativos tradicionales, tomando en cuenta la demanda de combustibles y la utilización de vehículos, así como la consideración de medidas referidas al precio de la gasolina y a incentivos fiscales.

El objetivo del PROAIRE I estuvo enfocado explícitamente a la reducción de las concentraciones pico y promedio de ozono, con la finalidad de disminuir el riesgo a la salud asociado con la exposición de corto y largo plazo a este contaminante. Para tal fin, y dado que el ozono es un contaminante que se forma en la atmósfera a partir de los óxidos de nitrógeno y de los hidrocarburos, las medidas implementadas se dirigieron a la reducción de las emisiones de estos contaminantes.

Con el PROAIRE I se continuaron los esfuerzos para introducir tecnologías automotrices con menores emisiones contaminantes y se realizaron mejoras a las gasolinas, combustibles industriales y domésticos, destacaron: la eliminación del tetraetilo de plomo (TEP) en la formulación de las gasolinas, incorporando un compuesto oxigenante, metil terbutil éter, (MTBE) y el establecimiento de valores máximos más estrictos para el contenido de aromáticos, olefinas y benceno; la disminución del contenido de azufre y aromáticos en el diesel automotriz; la disminución del contenido de azufre en el combustible industrial y la sustitución del combustóleo ligero por el gasóleo industrial cuyo contenido de azufre es menor.

Como resultados de las medidas de PROAIRE I, a través de la década de los noventa se registró una reducción importante de emisiones a la atmósfera y se logró contener los altos niveles de contaminación atmosférica en la ZMVM, a pesar del continuo crecimiento de la población y el aumento en el consumo de combustible.

A fines de los noventa, los niveles de ozono dejaron de tener la tendencia ascendente que mantenían a principios de la década, pero permanecieron elevados en la mayoría de los días, y excedían los niveles aceptables por un factor de 2 o más. También se registraban altos niveles de partículas  $PM_{10}$ , especialmente en las zonas altamente industrializadas y comerciales, así como en zonas erosionadas.

Las reducciones más significativas correspondieron al plomo, al monóxido de carbono y al dióxido de azufre. Los óxidos de nitrógeno tuvieron una reducción moderada y el aumento en la concentración de las partículas  $PM_{10}$  se logró contener, pero, al igual que con el ozono, con concentraciones atmosféricas superiores a la norma de calidad.

La conciencia y percepción sobre la contaminación atmosférica fue tan evidente entre la sociedad y la comunidad científica, que en la década de los ochenta y noventa se llevaron a cabo un gran número de investigaciones relacionadas con los efectos de la contaminación ambiental y sus efectos adversos en la salud de las poblaciones humanas, en las demás especies y en los ecosistemas.

Los estudios sobre los efectos en la salud se multiplicaron y a fines de la década de los noventa, las evidencias mostraban la indudable correlación entre la contaminación ambiental y ciertas enfermedades respiratorias, principalmente de tipo crónico, así como con enfermedades cardiovasculares.

Al finalizar el PROAIRE I en el año 2000, se planteó la necesidad de diseñar un nuevo programa que pudiera cuantificar los efectos en la salud, así como determinar los costos asociados a estos efectos.

## 1.2 EFECTOS SOCIOECONÓMICOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DEL PROAIRE 2002-2010

### Efectos en la salud

A pesar de que en las últimas décadas se ha logrado reunir una gran cantidad de conocimientos científicos y técnicos sobre los efectos de la contaminación en la salud humana, lo cierto es que a la fecha existe aún una gran incertidumbre respecto al alcance y magnitud real del daño a la salud y al entorno natural, lo que dificulta tanto un cálculo de costos precisos del daño ambiental (actual e histórico) como de los beneficios económicos y sociales en la reducción de contaminantes o en la protección de los recursos naturales.

Al término del PROAIRE I se hizo una recopilación de estudios y se realizaron otros para obtener mayores datos que pudieran ser de utilidad para el diseño de un nuevo Programa de Calidad del Aire.

Los síntomas causados por la exposición a la contaminación del aire son conocidos por los habitantes de la ZMVM; se manifiestan principalmente en dolor pulmonar, tos, dolores de cabeza, malestares en la garganta, irritación y lagrimeo de los ojos, por mencionar algunos.

La Secretaría de Salud del Distrito Federal ha reportado que la exposición a la contaminación del aire está relacionada con serios trastornos a la salud entre los que destacan:

- El Incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias crónicas y agudas.
- Aumento en la frecuencia de muertes asociadas a la contaminación atmosférica.
- Disminución de la capacidad respiratoria.
- Aumento de ataques de asma.
- Incremento de casos de enfermedades cardíacas.
- Aumento en la frecuencia de cánceres pulmonares.

En la población existen algunos subgrupos que son más susceptibles a los efectos de la contaminación del aire, dentro de los que se encuentran personas con problemas coronarios, asmáticos, con enfermedades pulmonares, niños y adultos mayores. Factores como la pobreza, mala nutrición, edad, sexo u origen genético, también influyen en el riesgo y el impacto de la contaminación del aire. En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de 5 años, las personas de la tercera edad (mayores de 65 años), las personas con enfermedades cardíacas y respiratorias y los asmáticos. Varios estudios coinciden en el hecho de que la mortalidad atribuible a la contaminación atmosférica, ocurre principalmente en individuos que ya tienen alguna enfermedad cardíaca, alguna enfermedad respiratoria, en las personas de edad avanzada y en los niños.

En el año 2002 la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimaba que la contaminación era la responsable a nivel mundial del 1.4% de las muertes. La exposición aguda y crónica a la contaminación del aire se asocia con el incremento de la mortalidad y morbilidad por problemas cardiovasculares y respiratorios. Por otra parte, las exposiciones a la contaminación del aire durante el embarazo y durante los periodos tempranos de la vida se han asociado con nacimientos prematuros, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad.

En cuanto a los efectos a la salud producidos por los diferentes contaminantes, se sabe que el ozono es un gas altamente reactivo, y su impacto en la salud se asocia con la disminución de la función pulmonar en individuos que hacen ejercicio entre liviano y pesado. El daño se debe a su capacidad de oxidación causando inflamación, además reduce la capacidad del aparato respiratorio para combatir las infecciones y remover las partículas externas. Afecta los mecanismos de defensa, por lo que puede provocar un aumento de las infecciones respiratorias.

El dióxido de azufre puede producir cambios en la función pulmonar en asmáticos y exacerba los síntomas respiratorios, en individuos sensibles provoca tos, irritación de nariz y garganta, secreción mucosa y bronquitis crónica, además de aumentar la propensión en individuos sensibles de contraer infecciones en el sistema respiratorio. Por su parte, el dióxido de nitrógeno es un gas poco soluble, irritante y oxidante que puede alcanzar los bronquiolos y los alvéolos. Después de exposiciones a  $\text{NO}_2$  se presentan síntomas como irritación de nariz y garganta, seguidos de bronco constricción y disnea.

En cuanto a las partículas suspendidas, las partículas mayores no penetran al sistema respiratorio puesto que son capturadas por mecanismos de limpieza, sin embargo las  $\text{PM}_{10}$  penetran directamente al aparato respiratorio y dependiendo de su tamaño pueden acumularse en diferentes sitios dentro del mismo. Las  $\text{PM}_{10}$  penetran hasta la zona traqueo bronquial, mientras que las  $\text{PM}_{2.5}$  pueden penetrar

hasta los alvéolos pulmonares. La toxicidad de las partículas no solamente depende de su tamaño sino también de su composición química y por lo tanto de la fuente de emisión.

El aire de la ZMVM está frecuentemente contaminado con cientos de compuestos orgánicos volátiles, metales y otras sustancias que podrían incrementar potencialmente el riesgo de cáncer y otros efectos sistémicos a la salud. Resulta complejo evaluar la problemática ocasionada por la exposición a todos estos contaminantes tóxicos debido a su número, su baja concentración y un pobre entendimiento de las sinergias entre los compuestos.

Entre los estudios realizados en la década de los noventa durante el PROAIRE I se reportaba que por cada aumento de 10 ppb en los niveles de ozono se puede tener un incremento de 0.6% en los casos de mortalidad aguda y un incremento de 1% en los casos de mortalidad prematura, mientras que cada aumento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los niveles de  $\text{PM}_{10}$  puede producir un incremento de entre 0.6% y 3.5% en los casos de mortalidad aguda y de 3% a 3.8% en los casos de mortalidad crónica. Así mismo, un aumento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en los niveles de  $\text{PM}_{2.5}$  puede provocar un incremento de 1.7% en la mortalidad total.

Al final del PROAIRE I se consideraba que en el caso del ozono, si las concentraciones promedio actuales se redujeran en un 62% (con lo cual se cumpliría la norma de protección a la salud), se evitarían anualmente:

- Alrededor de 20 500 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias,
- cerca de 132 500 visitas a la sala de emergencias por padecimientos respiratorios,
- la pérdida de productividad y bienestar debidos a más de 15 millones de días de actividad restringida en adultos,
- más de 20 500 ataques de asma,
- más de 2 500 casos de síntomas en niños.

Con respecto a las  $\text{PM}_{10}$ , los beneficios que se obtendrían como resultado de reducir las concentraciones actuales hasta cumplir con la norma de protección a la salud, se traducirían en evitar:

- Más de 2 000 casos de admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y Cardiocerebrovasculares,
- más de 26 000 visitas a la sala de emergencias por padecimientos respiratorios,
- la pérdida de productividad y bienestar debidos a más de 9 millones de días de actividad restringida en adultos,
- la pérdida de productividad debida a más de 940 000 días laborales destinados por las mujeres a la atención de los niños enfermos,
- la presencia de efectos en aproximadamente 3 mil 600 niños que padecen asma,
- alrededor de 6 700 nuevos casos de bronquitis crónica y más de mil casos de tos crónica en niños.

### Beneficios económicos por la reducción de la contaminación del aire en la ZMVM.

En el año 2000 se realizó una estimación de los costos de oportunidades por la disminución de la contaminación, utilizando estudios realizados en otros sitios. Los costos de oportunidad se cuantificaron en términos de los costos directos para el tratamiento de padecimientos. La pérdida de productividad se estimó considerando que las enfermedades asociadas a la contaminación conllevan a una disminución de la producción que se interpreta mediante los días perdidos debido a la contaminación del aire, además se considera la pérdida de productividad que ocurre cuando se presentan las contingencias ambientales. También se consideró en esta valoración, la pérdida de capital humano para estimar la pérdida de productividad. Los beneficios económicos totales de una reducción del ozono hasta cumplir

con la norma se estimaban entre 717 y 1 129 millones de dólares para el año 2010. Una reducción de las concentraciones de  $PM_{10}$  hasta niveles dentro de la norma tendría un beneficio de 3 mil millones a 5 mil 595 millones de dólares para el año 2010.

La principal razón de que se piense que los beneficios por la reducción de  $PM_{10}$  sean mayores que para el ozono, se debe a que las  $PM_{10}$  han sido implicadas como una causa de mortalidad por efectos crónicos en los estudios de mortalidad mientras que no se han encontrado tales evidencias para el ozono.

### 1.3 CONDICIONES DE LA CALIDAD DEL AIRE QUE DIERON ORIGEN AL PROGRAMA PROAIRE 2002-2010

Como se mencionó anteriormente, al finalizar el PROAIRE I, si bien había logrado disminuirse la contaminación debida al plomo, bióxido de azufre monóxido de carbono y se había revertido la tendencia creciente de ozono y partículas, sus niveles eran aún inaceptables, ya que continuaban excediendo los estándares nacionales permisibles la mayor parte del año, poniendo en riesgo la salud y el bienestar de los habitantes de la ZMVM. Las Figuras 1.1 y 1.2 muestran los logros alcanzados por los programas de calidad de aire mencionados PICCA y PROAIRE I con el CO y  $SO_2$ , los cuales han tenido una disminución decreciente homogénea, aunque debe mencionarse que durante todo el periodo y hasta el 2002, algunas estaciones cercanas a zonas industriales registraban picos de concentración mayores a 0.22 ppm.

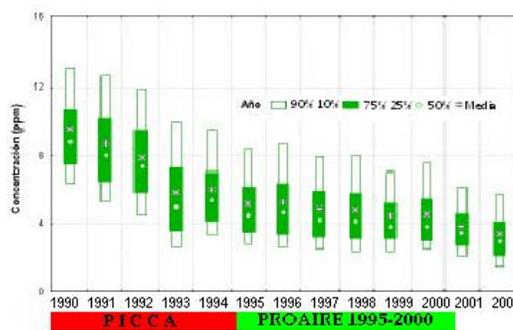


Figura 1.1 Tendencia anual del CO

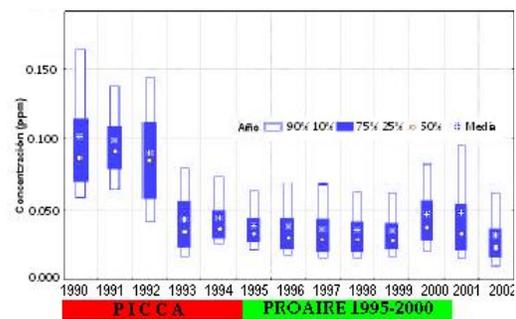


Figura 1.2 Tendencia anual del  $SO_2$

La Figura 1.3 muestra el comportamiento de las concentraciones de plomo en partículas PST y  $PM_{10}$ , que cumplen la norma de calidad del aire, lo cual fue el reflejo del cambio de uso de gasolina con plomo a gasolina sin plomo. La Figura 1.4 presenta las concentraciones de PST y  $PM_{10}$ , en cuyos casos, aunque también hubo una tendencia decreciente, seguía persistiendo un alto porcentaje de valores sobre norma.

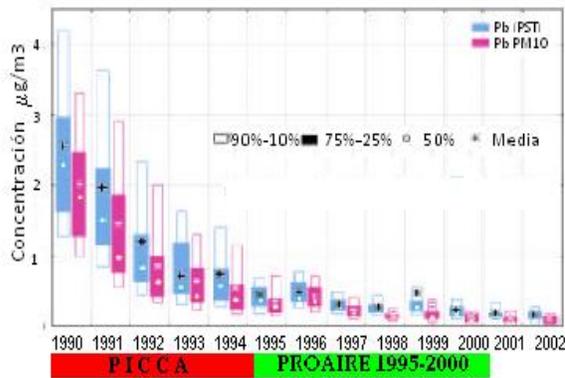
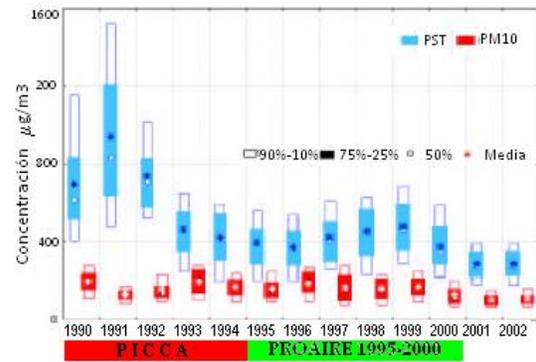


Figura 1.3 Tendencia anual del Pb en PST.

Figura 1.4 Tendencia anual de PST y PM<sub>10</sub>

La Figura 1.5 muestra que también para los NO<sub>2</sub> ha habido una tendencia decreciente, aunque en el caso de los NO<sub>x</sub> se muestra un comportamiento irregular. Las aún elevadas concentraciones de NO<sub>x</sub> explican en parte las altas concentraciones de ozono que se presentan en todo el periodo, no obstante su tendencia a descender (Figura 1.6).

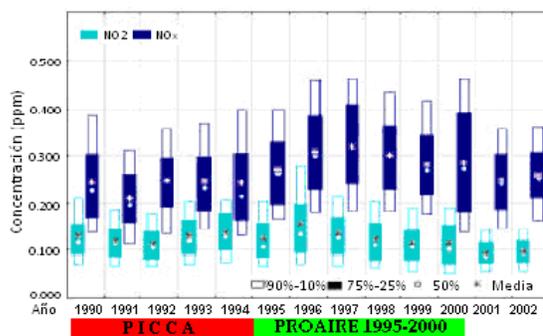
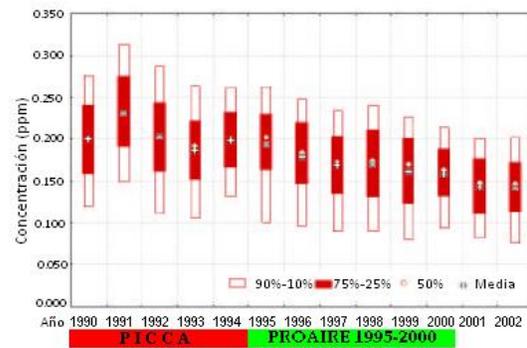
Figura 1.5 Tendencias anuales de NO<sub>x</sub> y NO<sub>2</sub>

Figura 1.6 Tendencias anuales de Ozono

El Inventario de Emisiones de la ZMVM del año 1998 se utilizó como base para la formulación de las estrategias y medidas de control de las fuentes que aportaban una mayor emisión de contaminantes. El Cuadro 4.1 muestra las emisiones totales por sector de los diferentes contaminantes primarios estimadas en 1998.

Para el diseño de las medidas de control, se analizaron las emisiones fuente por fuente de cada uno de los sectores. En 1998 las contribuciones más altas de PM<sub>10</sub> correspondían al suelo (40%) y a la flota vehicular (36%), principalmente la flota de autobuses, tractocamiones y camiones a diesel. El CO provenía en 98% de las fuentes móviles, los NO<sub>x</sub> en 80% de las fuentes móviles y 13% de las fuentes puntuales, en cuanto al SO<sub>2</sub>, las fuentes puntuales aportaban el 55%, las fuentes de área el 24% y las fuentes móviles el 21%, finalmente las fuentes de área eran las principales contribuyentes de hidrocarburos (HC) con 52% y las fuentes móviles con 40%.

Cuadro 1.1. Emisiones contaminantes por sector en 1998.

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

N/A. No aplica

La Figura 1.7 muestra la contribución porcentual al total de las emisiones por cada uno de los sectores, donde se observa la importante contribución de las fuentes móviles. En el año 1998, del total de vehículos que circulaban diariamente en la ZMVM, el 94% corresponde a los vehículos que utilizaban gasolina como combustible, el 5% corresponde a aquellos que utilizaban diesel y el resto corresponde a los camiones de carga que consumían gas LP. En el año 1998, el 52% de los vehículos a gasolina y el 82% de los vehículos a diesel correspondían a unidades de 1990 o anteriores.

El Inventario de Emisiones de 1998 expuso la prioridad de diseñar medidas de control que redujeran las emisiones de fuentes móviles para alcanzar un fuerte impacto en las reducciones. Así mismo evidenció que para las fuentes puntuales y las fuentes de área era necesario en forma prioritaria, la formulación de medidas que controlaran las emisiones de SO<sub>2</sub> y HC respectivamente.

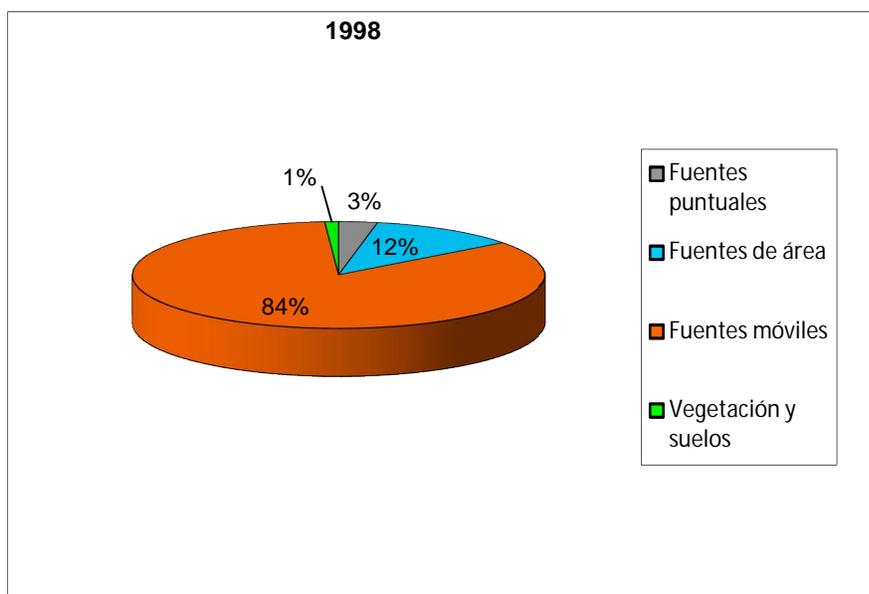


Figura 1.7. Contribución porcentual de los sectores en el inventario de Emisiones 1998

En el año 2000 la Comisión Ambiental Metropolitana asumió el compromiso de elaborar un nuevo programa de calidad de aire que reforzara y diera continuidad a las acciones realizadas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, con énfasis en los contaminantes que excedían en mayor número de días las normas de calidad del aire.

## 1.4 ESTRUCTURA Y CONTENIDO DEL PROAIRE 2002-2010

El PROAIRE 2002-2010 tiene el objetivo de proteger la salud humana de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica en la ZMVM.

Se requería reducir los niveles de contaminación del aire que prevalecían al inicio del siglo XXI, hasta alcanzar niveles que aseguraran la protección a la salud y evitar así que la población (especialmente los grupos más vulnerables) se expusiera a niveles de contaminación riesgosos.

El proceso de análisis y evaluación en el cual se basó el desarrollo del PROAIRE 2002-2010 se fundamentó en primer lugar en el análisis de las principales causas que determinaban la generación de contaminantes atmosféricos, entre las cuales destacan el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la expansión de la mancha urbana, los patrones de uso del suelo, el crecimiento de la flota vehicular, los índices de motorización, las políticas ambientales, el consumo de energía y la calidad de los combustibles, entre otros.

En segundo lugar, se analizó la generación de contaminantes en los diferentes sectores de actividad de la ZMVM, así como sus tendencias. Se revisó también la situación actual de la calidad del aire y se estimaron los niveles que resultarían en caso de no aplicarse acciones adicionales. También se evaluaron los efectos a la salud asociados con los niveles de contaminación del aire prevalecientes y sus proyecciones.

Para cumplir el objetivo del PROAIRE 2002-2010 se establecieron distintas metas relacionadas con las disminuciones que podrían alcanzarse de acuerdo con los compromisos de la CAM y los diversos actores involucrados.

### Metas para Ozono

1. Eliminar concentraciones de ozono superiores a 200 IMECA.
2. Reducir el número de días en que las concentraciones de ozono se encuentren en el intervalo de 101 a 200 IMECA.
3. Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).

### Metas para PM<sub>10</sub>

1. Aumentar el número de días en que las concentraciones diarias de PM<sub>10</sub> se encuentran dentro del límite establecido por la norma.
2. Reducir el promedio anual de las concentraciones de PM<sub>10</sub>.

### Metas para PM<sub>2.5</sub>

1. Establecer oficialmente un límite a la concentración de partículas con un diámetro menor a 2.5 micrómetros. Habiéndose previsto los siguientes límites
  - 65 µg/m<sup>3</sup> para promedios de 24 horas.
  - 15 µg/m<sup>3</sup> como promedio anual.

### Metas para otros contaminantes.

1. Eliminar concentraciones de monóxido de carbono que excedan el límite de 9 ppm (promedio de 8 horas).

2. Reducir las concentraciones actuales de monóxido de carbono.
3. Reducir las concentraciones promedio diario de dióxido de azufre.
4. Reducir la concentración promedio anual de dióxido de azufre.
5. Evitar la ocurrencia de picos extraordinarios asociados con el uso indebido de combustibles de alto contenido de azufre.

## ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN

La información científica disponible indicaba que la reducción del O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> debía hacerse en forma integrada. Para alcanzar simultáneamente las metas de los tres contaminantes se requería la reducción de las emisiones de los contaminantes primarios que les dan origen. Así, el programa se enfocó a reducir las emisiones de los siguientes contaminantes primarios:

- Partículas provenientes de vehículos automotores a gasolina y diesel, polvo de calles y carreteras, industriales, procesos de combustión de comercios y servicios, incendios forestales, entre otros.
- Óxidos de nitrógeno generados principalmente en los procesos de combustión de la industria y los vehículos automotores,
- Compuestos orgánicos volátiles provenientes del uso de combustibles y productos orgánicos en los sectores del transporte, la industria, servicios y doméstico, y
- Dióxido de azufre generado por la combustión en vehículos e industria.

La evaluación del impacto de algunas de las medidas de control incluidas en el PROAIRE 2002-2010, se basó en el inventario de emisiones de 1998 y en proyecciones al año 2010 considerando los siguientes tres escenarios: a) Caso base con las emisiones del inventario de 1998, b) Proyección con las emisiones al 2010 sin medidas de reducción adicionales a las actuales, c) Proyección al 2010 con algunas medidas que fueron evaluadas en su reducción de emisiones.

Para cumplir con las metas de calidad del aire, los trabajos de formulación del programa se orientaron a través de grupos especializados, los cuales contaron con una amplia participación de diversos sectores, que se involucraron para desarrollar las estrategias que debían instrumentarse para reducir las emisiones contaminantes generadas por el transporte, la industria, los servicios, la generación de energía eléctrica, las actividades domésticas y la degradación de los recursos naturales.

Las estrategias que se formularon para cumplir con las metas se integraron en ocho rubros principales.

### I. Estrategia de Reducción de emisiones generadas por transporte.

La estrategia de reducción de emisiones generadas por el transporte incluye los siguientes componentes:

#### A) Modernización y mejoramiento tecnológico (reducción de emisiones). (Cuadro 1.1).

- Vehículos en circulación
- Vehículos nuevos

## B) Mejoramiento de la capacidad de transporte de pasajeros y carga (Cuadro 1.2).

- Transporte público de pasajeros
- Racionalización y regulación del transporte de carga

## C) Mejoramiento de las condiciones de vialidad (incremento de la velocidad de circulación)

- Instrumentación de corredores viales para agilizar la circulación del transporte público,
- Mejoramiento de infraestructura y señalización vial.

## D) Reducción de la tasa de crecimiento de viajes por persona y distancias recorridas por viaje:

- Integración de las políticas metropolitanas de desarrollo urbano, transporte y medio ambiente,
- Vinculación con las políticas de desarrollo sustentable a nivel federal, del Estado de México y el Distrito Federal.

Cuadro 1.2. Modernización y mejoramiento tecnológico

ESTRATEGIA DE TRANSPORTE	
A. Modernización y mejoramiento tecnológico	
Vehículos en circulación	Vehículos Nuevos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El fortalecimiento de la verificación vehicular, de vehículos a gasolina y sobre todo de los vehículos a diesel,</li> <li>• La retro adaptación de sistemas de control de emisiones,</li> <li>• La instalación de convertidores catalíticos en vehículos a gasolina,</li> <li>• La retro adaptación de trampas de partículas en vehículos a diesel,</li> <li>• La sustitución de motores y trenes motrices en vehículos a diesel,</li> <li>• Conversión a gas natural comprimido con sistemas certificados,</li> <li>• Regularización del uso de gas licuado de petróleo,</li> <li>• Detención y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes,</li> <li>• Sustitución de vehículos de servicio público que no cumplan con requerimientos ambientales, de seguridad y otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducción de vehículos a gasolina que cumplan con límites de emisión gradualmente más estrictos (TIER II),</li> <li>• En el corto plazo, establecimiento de normas de emisión equivalentes a TIER II,</li> <li>• En el mediano plazo, establecimiento de normas e incentivos para acelerar la introducción de vehículos de emisiones ultra bajas (híbridos, GNC, etc.) y emisiones cero,</li> <li>• Introducción de gasolina de menor contenido de azufre (Magna de 300 ppm en el corto plazo y Premium de 50 ppm),</li> <li>• Introducción de vehículos a diesel que cumplan con límites de emisión gradualmente más estrictos,</li> <li>• En el corto plazo, establecimiento de normas de emisión de vehículos a diesel equivalentes a EPA 2004 y Euro IV,</li> <li>• Introducción de diesel de menor contenido de azufre.</li> </ul>
B) Mejoramiento de la capacidad de transporte de pasajeros y carga	
Mejoramiento de la capacidad de transporte público de pasajeros	Racionalización y regulación del transporte de carga
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución de microbuses por autobuses</li> <li>• Aumento de factor de ocupación</li> <li>• Ordenamiento del transporte público de superficie,</li> <li>• Mejoramiento del transporte masivo (metro, tren ligero, trenes suburbanos, autobuses urbanos, etc).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulación espacial y temporal del tránsito de vehículos de carga,</li> <li>• Definición de mecanismos para optimizar la distribución de carga (vehículos pesados para transporte interurbano, vehículos de menor capacidad para transporte intraurbano, articulados con centros de consolidación de carga).</li> </ul>

## II Reducción de emisiones en la industria y los servicios.

Las líneas estratégicas vinculadas con la reducción de emisiones en la industria y la elevación del desempeño ambiental del sector industrial y de servicios se resumen a continuación (Cuadro 1.2):

- A) Modernización de la gestión para el control de emisiones.
- B) Mejoramiento de la competitividad y la gestión ambiental.

Cuadro 1.3. Estrategias para industria y servicios

ESTRATEGIAS DE INDUSTRIA Y SERVICIOS	
A. Modernización de la gestión para el control de emisiones	
Control de emisiones	Instrumentos de regulación indirecta
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modernización del marco regulatorio,</li> <li>• Consolidación de la Licencia Ambiental Única, la Cédula de Operación Anual y el Sistema Integrado de Regulación y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG),</li> <li>• Consolidación del Registro Metropolitano de Emisiones y Transferencia de Contaminantes,</li> <li>• Ampliación y aplicación de instrumentos de regulación directa,</li> <li>• Mejoramiento del acceso a alternativas de financiamiento dirigidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulso a los programas de regulación voluntaria y procesos de producción más limpia,</li> <li>• Promoción de auditorías ambientales,</li> <li>• Impulso a programas de ahorro de energía y ecoeficiencia,</li> <li>• Impulso al uso de combustibles y tecnologías limpias,</li> <li>• Desarrollo de infraestructura y servicios ambientales,</li> <li>• Desarrollo y aplicación de instrumentos económicos.</li> </ul>
B. Mejoramiento de la competitividad y la gestión ambiental	
Impulso de creación y consolidación de regiones industriales	Condiciones básicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operar con un bajo consumo de agua.</li> <li>• Un uso eficiente de energía eléctrica.</li> <li>• Un bajo volumen de desechos sólidos.</li> <li>• Cero emisiones contaminantes a la atmósfera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promoción industrias limpia. telecomunicaciones, informática, electrónica, alta tecnología, etc.</li> <li>• Incubadoras de empresas</li> <li>• Servicios especializados</li> <li>• Reducción termoeléctricas</li> </ul>

## III Preservación y restauración de los recursos naturales y prevención de la expansión de la Mancha

Urbana.

Los recursos naturales están sujetos a fuertes presiones de degradación, algunas de tipo natural y otras provocadas por actividades humanas. Para mitigar estos procesos se propuso:

- Recuperación y conservación de los recursos naturales de la Zona Metropolitana del Valle de México,
- Fortalecimiento de instrumentos de gestión ambiental que coadyuven a la aplicación del Ordenamiento Ecológico,
- Impulso al Desarrollo Rural,
- Protección y vigilancia de los recursos naturales

## IV Integración de las políticas de desarrollo urbano, transporte y calidad del aire.

Políticas relacionadas con la gestión de la estructura urbana intrametropolitana, fueron incorporadas como un elemento fundamental para el mejoramiento de la calidad del aire, incluyendo los siguientes aspectos:

- Desarrollo de incentivos y modificación del marco jurídico en materia de desarrollo urbano para evitar un crecimiento ambientalmente destructivo de la mancha urbana y la distribución funcionalmente ineficiente de la densidad de población.
- Adecuación del marco jurídico laboral y de los horarios de entrada y salida de las escuelas y de las dependencias del sector público.
- Superación de las inercias vigentes en las oficinas de atención al público tanto en el gobierno federal como en los locales.

V Prevención de la exposición de la población a niveles altos de contaminación, mediante la evaluación y comunicación de riesgos.

Para evitar o mitigar los efectos a la salud asociados con la contaminación atmosférica, el PROAIRE integra las siguientes estrategias:

- Difusión de la información sobre la calidad del aire, para que la población evite zonas de alta contaminación en horas y días específicos, además de inducir a una cultura ambiental de responsabilidades públicas y privadas para la prevención de la contaminación.
- Orientación de la población con medidas para proteger la salud, con la finalidad de dar opciones para evitar la exposición y adoptar hábitos de vida que prevengan contra la contaminación del aire.
- Actualización del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, reforzando medidas para la protección de escolares ante episodios de elevada contaminación.
- Actualización e incorporación de nuevas normas para protección de la salud, con la finalidad de establecer objetivos de calidad del aire acordes con las necesidades de preservación de la salud.
- Modernización del programa de vigilancia epidemiológica de la Zona Metropolitana del Valle de México, para fortalecer el seguimiento de indicadores de los síntomas y padecimientos relacionados con la exposición a los contaminantes del aire, dirigido a la diferenciación de dichos efectos por grupos de población específicos.

VI Reforzamiento del marco normativo y su cumplimiento.

Se requerían reglamentos que faciliten la aplicación de las leyes ambientales correspondientes, actualizar las normas federales e instrumentar normas locales. Propuestas:

- Actualización del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.
- Emisión y en su caso actualización de los reglamentos locales para fuentes fijas y móviles.

- Adecuación de los reglamentos locales al nuevo reglamento federal.
- Revisión y actualización de normas vigentes, y emisión de nuevas normas en materia de atmósfera a nivel federal y local.
- Fortalecimiento de los programas de vigilancia industrial y vehicular, y de preservación de los recursos naturales.

#### VII Fortalecimiento de la educación ambiental, investigación y desarrollo tecnológico.

Se tomaron en cuenta los lineamientos del *Programa Rector Metropolitano de Educación Ambiental (PREMIA)*, así como los planteamientos y necesidades técnicas particulares del PROAIRE 2002-2010.

- Educación formal: Promover la participación de las instituciones del sector educativo para que los programas y materiales incorporen el tema ambiental como parte integral de sus contenidos.
- Educación no formal: Desarrollar actividades para promover una cultura ambiental que coadyuve en el mejoramiento de la calidad del aire.
- Información, formación y capacitación ambiental: Promover el acceso a la información sobre los aspectos relacionados con la gestión del aire entre los diferentes sectores de la sociedad y establecer los lineamientos generales para la capacitación obligatoria de los sectores productivos y las autoridades.
- Comunicación y difusión educativa ambiental: Instrumentar campañas de comunicación educativa para incidir en los hábitos de audiencia y percepción social de los riesgos ambientales, así como impulsar el desarrollo de proyectos de investigación y tecnologías para mejorar el conocimiento científico y propiciar la reducción de emisiones en la ZMVM.

#### VIII Cobeneficios mediante la reducción de contaminantes urbanos y de gases de efecto invernadero.

El PROAIRE 2002-2010 está también dirigido a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La mitigación de GEI puede lograrse mediante la conservación y aumento de los bosques (captura de carbono) y la promoción del uso eficiente y de las fuentes renovables de energía (disminución del uso de combustibles fósiles).

En el mes de febrero del año 2002, la Comisión Ambiental Metropolitana presentó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Para cumplir las estrategias mencionadas el programa se integró con 89 medidas.

- |                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| • Estrategias de transporte:                         | 38 medidas |
| • Estrategias de industria:                          | 7 medidas  |
| • Estrategias de servicios:                          | 9 medidas  |
| • Estrategias de Conservación de Recursos naturales: | 15 medidas |
| • Estrategias de protección a la salud               | 8 medidas  |
| • Estrategias de educación ambiental                 | 4 medidas  |
| • Estrategias de fortalecimiento institucional       | 8 medidas  |

## 1.5 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN

Para coordinar la implementación de las 89 medidas establecidas en el PROAIRE 2002-2010, en el mes de abril del año 2002, quedaron integrados 11 grupos de trabajo, cuyo funcionamiento quedó a cargo de los integrantes del Comité de Seguimiento de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), así como de la Secretaría de Salud y del Instituto Nacional de Ecología (INE). Cuadro 1.3.

Cuadro 1.4. Grupos de trabajo del PROAIRE 2002-2010  
Gobierno del Estado de México      Gobierno del Distrito Federal

No.	Grupo	Institución	No.	Grupo	Institución
1	Industria y Servicios 15 medidas	Secretaría del Medio Ambiente	4	Control Vehicular 9 medidas	Secretaría del Medio Ambiente
2	Recursos Naturales 15 medidas	Secretaría del Medio Ambiente	5	Educación Ambiental 4 medidas	Secretaría del Medio Ambiente
3	Vialidad 6 medidas	Secretaría de Comunicaciones	6	Transporte 17 medidas	Secretaría de Transportes y Vialidad

Gobierno Federal

No.	Grupo	Institución	No.	Grupo	Institución
7	Energía 6 medidas	SEMARNAT	10	Salud 7 medidas	Comisión Federal para la Prevención Contra Riesgos Sanitarios
8	Normatividad 6 medidas	SEMARNAT	11	Investigación 3 medidas	Instituto Nacional de Ecología
9	Financiamiento 1 medida	SEMARNAT			



Figura 1.8. Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México

## 1.6 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Cesar, H. G., M. Schadler, et al. (2002). Air pollution abatement in Mexico City: an economic valuation World Bank report.
- Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México. (1995). Avances Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. México.
- Chicurel R.; López E.; Serranía F.; Sheinbaum C. (2000). Study for the Implementation of an Electric Bus Route for Mexico City. Energy Engineering, vol. 97, No. 5.
- CAM-MIT. (2000). Programa Integral sobre Contaminación Urbana, Regional y Global: el Caso de Estudio de la Ciudad de México.
- Comisión Ambiental Metropolitana. (2002). Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Mexico D.F, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales, Secretaría de Salud.: 381.
- Comisión Ambiental Metropolitana. (2004). Primer Informe del Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.
- Evans, J., J. Levy, et al. (2002). Health benefits of air pollution control. In Air Quality in the Mexico Megacity. An Integrated Assessment. L. Molina and M. Molina. Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Harvard School of Public Health. (2000). Mexico City air pollution and human health. Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D. F. Boston, MA. USA.
- Holguín M. F. (2000). Efecto a la exposición a partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en población susceptible de la ciudad de México: Una investigación sobre el mecanismo de daño para apoyar el desarrollo de normatividad ambiental. Instituto Nacional de Salud Pública. Centro de Investigaciones en Salud Poblacional. CONSERVA. México.
- Loomis, D., M. Castillejos. (1999). Epidemiology 10(2): 118-23.
- OPS, Evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de América Latina y el Caribe, Washington, 2005.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material p particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Resumen de evaluación de los riesgos, Ginebra, 2006.
- Romieu, I., F. Meneses, et al. (1996). "Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City." Am J Respir Crit Care Med 154(2 Pt 1): 300-7.
- Rosas P. I. (2000). Potencial tóxico y pro inflamatorio de las partículas contaminantes: Un estudio experimental comparativo entre las PM<sub>10</sub> y las PM<sub>2.5</sub> de dos zonas de la Ciudad de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM-CONSERVA. México.

Rosales-Castillo, J. A., V. M. Torres-Meza, et al. (2001). "[Acute effects of air pollution on health: evidence from epidemiological studies]." *Salud Publica Mex* 43(6): 544-55.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. (20001). Informe de actividades.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2002. Informe del estado actual del aire y tendencias.

SMA-GDF. (2006). Avances del Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.

# 2

## EVOLUCIÓN DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002-2010

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), forma parte de una cuenca endorreica<sup>1</sup> y abarca la totalidad del Distrito Federal y parte del Estado de México. Se ubica en la parte Este de la región conocida como Sistema Neovolcánico Transversal, formando parte del ecosistema de Bosque Templado y de la región fisiográfica del Eje Neovolcánico. Se sitúa entre los 19° 03´-19° 54´ de latitud Norte, y los 98° 38´-99° 31´ de longitud Oeste. Esta geoposición de la ZMVM permite que resulte afectada a lo largo del año por sistemas anticiclónicos, los cuales mantienen el cielo despejado facilitando la recepción de una intensa radiación solar. Dicha radiación, acelera la realización de reacciones fotoquímicas que dan origen a contaminantes secundarios como el ozono y los aerosoles secundarios.

La ZMVM se encuentra a una altitud promedio de 2 240 msnm<sup>2</sup>, que implica un contenido de alrededor del 23% menos de oxígeno en comparación con el nivel del mar, situación que ocasiona que los procesos de combustión no operen de forma eficiente y emitan una mayor cantidad de contaminantes, los cuales, debido a la cadena montañosa que circunda a la ZMVM y a los sistemas anticiclónicos que inducen a que la velocidad de los vientos disminuya cerca de la superficie del suelo, inhiben el movimiento vertical y horizontal del aire, dificultando la dispersión de los contaminantes, los cuales tienden a estancarse.

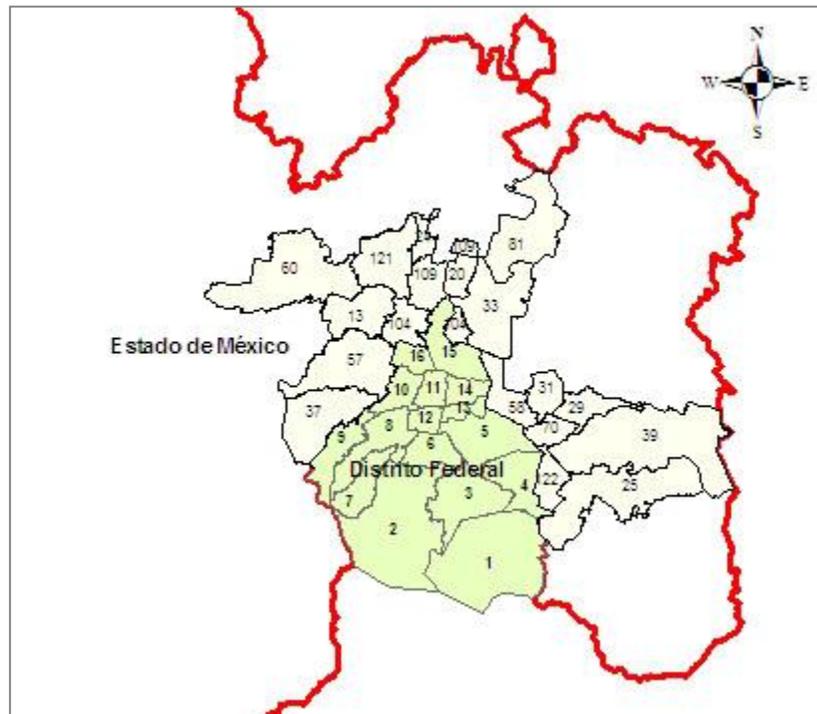
### 2.1 EXPANSIÓN DE LA ZMVM

En el año 2002, la ZMVM estaba integrada por 19 delegaciones en el Distrito Federal y 18 municipios del Estado de México, con una superficie de 3 540 km<sup>2</sup>, correspondiendo el 42% al Distrito Federal y 58 % al Estado de México (Figura 2.1); sin embargo, debido a las características de crecimiento, dinámica social, económica y ambiental, en el año 2006, se publicó en el Diario Oficial de la Federación del mes de diciembre, el decreto mediante el cual se amplía la ZMVM, quedando integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México (Figura 2.2). Esta nueva superficie representa 0.25% de la superficie total del país y abarca una superficie de 4 715.3 km<sup>2</sup>, de la cual el 65.5% es de uso urbano (43% del Distrito Federal y 22.5% del Estado de México), el 34.5% restante es zona rural con usos del suelo agrícola, pecuario, forestal y de conservación.

---

<sup>1</sup> Área en la que el agua no tiene salida superficialmente por ríos hacia el mar.

<sup>2</sup> Metros sobre el nivel del mar (msnm)



DISTRITO FEDERAL		ESTADO DE MÉXICO	
Clave	Nombre	Clave	Nombre
2	Azcapotzalco	13	Atizapán de Zaragoza
3	Coyoacán	20	Coacalco de Berriozabal
4	Cuajmalpa de Morelos	24	Cuautitlán
5	Gustavo A. Madero	25	Chalco
6	Iztacalco	29	Chicoloapan
7	Iztapalapa	31	Chimalhuacán
8	La Magdalena Contreras	33	Ecatepec de Morelos
9	Milpa Alta	37	Huixquilican
10	Álvaro Obregón	39	Ixtapaluca
11	Tláhuac	57	Naucalpan de Juárez
12	Tlalpan	58	Netzahualcoyotl
13	Xochimilco	60	Nicolás de Romero
14	Benito Juárez	70	La Paz
15	Cuautemoc	81	Tecamac
16	Miguel Hidalgo	104	Tlalnepantla de Baz
17	Venustiano Carranza	109	Tultitlán
		121	Cuautitlán Izcalli
		122	Valle de Chalco Solidaridad

Figura 2.1. La ZMVM en el 2002



DISTRITO FEDERAL		ESTADO DE MÉXICO			
Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre
2	Azcapotzalco	002	Acolman	058	Nezahualcóyotl
3	Coyoacán	009	Amecameca	059	Nextlalpan
4	Cuajmalpa de Morelos	010	Apaxco	060	Nicolás Romero
5	Gustavo A. Madero	011	Atenco	061	Nopaltepec
6	Iztacalco	013	Atizapán de Zaragoza	065	Otumba
7	Iztapalapa	015	Atlautla	068	Ozumba
8	La Magdalena Contreras	016	Axapusco	069	Papalotla
9	Milpa Alta	017	Ayapango	070	La Paz
10	Álvaro Obregón	020	Coacalco de Berriozábal	075	San Martín de las Pirámides
11	Tláhuac	022	Cocotitlán	081	Tecámac
12	Tlalpan	023	Coyotepec	083	Temamatla
13	Xochimilco	024	Cuautitlán	084	Temascalapa
14	Benito Juárez	025	Chalco	089	Tenango del Aire
15	Cuautemoc	028	Chiautla	091	Teoloyucán
16	Miguel Hidalgo	029	Chicoloapan	092	Teotihuacán
17	Venustiano Carranza	030	Chiconcuac	093	Tepetlaoxtoc
		031	Chimalhuacán	094	Tepetlixpa
		033	Ecatepec de Morelos	095	Tepotztlán
		034	Ecatzingo	096	Tequixquiac
		035	Huehuetoca	099	Texcoco
		036	Hueyoxtlá	100	Tezoyuca
		037	Huixquilucan	103	Tlalmanalco
		038	Isidro Fabela	104	Tlalnepantla de Baz
		039	Ixtapaluca	108	Tultepec
		044	Jaltenco	109	Tultitlán
		046	Jilotzingo	112	Villa del Carbón
		050	Juchitepec	120	Zumpango
		053	Melchor Ocampo	121	Cuautitlán Izcalli
		057	Naucalpan de Juárez	122	Valle de Chalco Solidaridad
				125	Tonanitla

Figura 2.2. La ZMVM después del 2006

## 2.2 CRECIMIENTO DE LA POBLACION y VIVIENDA EN LA ZMVM

En 1998, el INEGI reportaba una población de 18.1 millones de habitantes en la ZMVM con una tasa de crecimiento anual de 1.6% y pronosticaba que la tasa de crecimiento poblacional disminuyera al 1%, en 2002 Covarrubias reporta que en el año 2000 la ZMVM estaba habitada por 18.2 millones de habitantes, de los cuales 8.8 millones (48.2%) se ubicaban en el Distrito Federal y 9.4 millones (51.8%) en los municipios conurbados.

De acuerdo con las "Proyecciones de la Población de México 2005-2030" realizadas por CONAPO, para el año 2008, la ZMVM registra un total de 19.8 millones de habitantes, de los cuales el 45% pertenecen al Distrito Federal y el 55% restante reside en los 59 municipios conurbados del Estado de México.

La Figura 2.3 muestra la evolución de la población en la ZMVM, donde se observa que efectivamente la tasa de crecimiento ha disminuido, sin embargo, el Estado de México es actualmente la entidad más poblada, seguida por el Distrito federal. Este aumento de la población de alrededor del 9% en el período del 2002 al 2008 aunado a la concentración de actividades productivas implica la presencia de factores que ejercen una gran presión ambiental en la región.

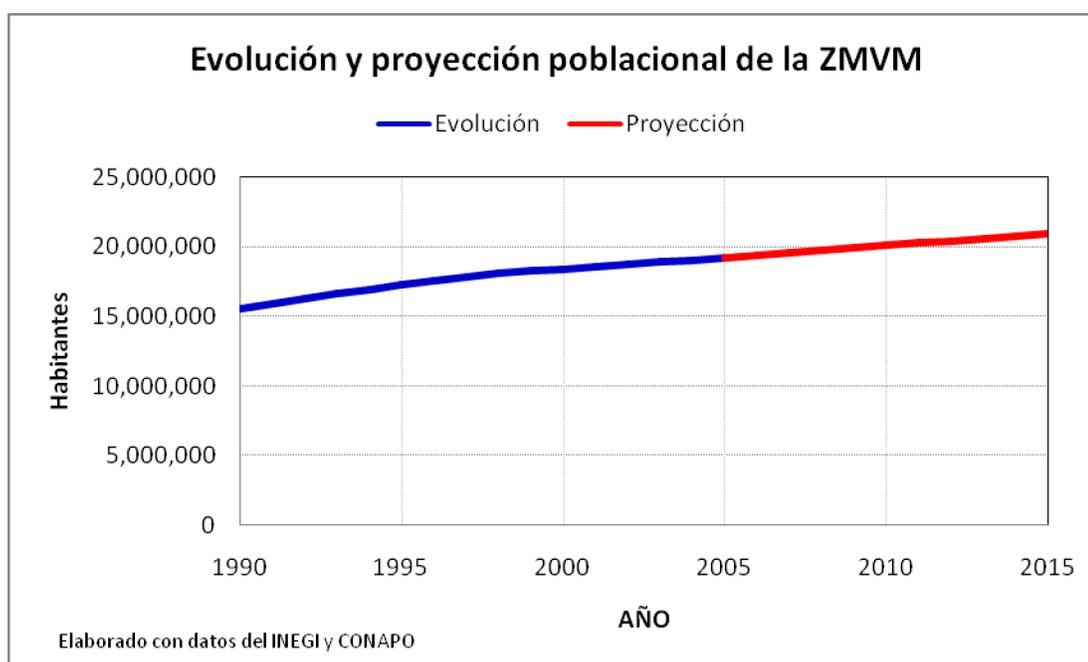


Figura 2.3 Evolución de la población en la ZMVM

Entre las presiones ambientales, se prevé que continúe el desplazamiento de la vivienda del centro hacia la periferia en la ZMVM, pasando de una distribución casi equitativa en 1995 (8.5 millones de personas o 50.5% en el Distrito Federal y 8.3 millones o 49.5% en los municipios metropolitanos) a una mayor concentración en la parte conurbada con 11.7 millones (57.5%) en 2010, frente a 8.7 millones (42.5%) en el Distrito Federal.

Una de las causas del crecimiento desordenado de la Zona Metropolitana ha sido la adaptación inadecuada y masiva del suelo para la construcción habitacional. En las últimas décadas han

predominado los intereses económicos de grupos y particulares sin tomar en cuenta las políticas públicas de desarrollo urbano. El impacto que han tenido los desarrollos habitacionales en el crecimiento metropolitano del Valle de México, ha sido en muchos aspectos desfavorable, por los impactos sociales, económicos y ecológicos que ha generado. El crecimiento de la mancha urbana se manifiesta espacialmente con los asentamientos irregulares que han invadido las periferias de la ciudad, pues los desarrollos habitacionales de vivienda popular se ubican lejos de la zona central para evadir los problemas de regularización o reglamentación.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), el número de viviendas estimadas en la ZMVM en el año 2002 era de 4 202 190, mientras que en el año 2008, la ZMVM registró un aumento mayor al 16% con 5 027 213 viviendas, de las cuales el 47% (2 377 184) pertenece al Distrito Federal y el 53% restante (2 650 729) a los 59 municipios conurbados del Estado de México (CONAPO, 2008).

## 2.3 CRECIMIENTO DEL SECTOR INDUSTRIAL

En el año 2000 se reportaba una disminución del sector industrial en el Distrito Federal, a la par que un incremento en el comercio y los servicios. Los gobiernos favorecían un proceso de descentralización hacia otros estados del centro, entre otras causas por los altos niveles de contaminación alcanzados. En cambio, los municipios conurbados registraban un ritmo creciente de establecimientos industriales. En el año 2002, el INEGI reportaba que en la ZMVM, se ubicaban aproximadamente 53 511 establecimientos manufactureros, de los cuales, 22 443 se localizaban en los municipios conurbados del Estado de México y 31 068 en el Distrito Federal.

El proceso de descentralización industrial ha seguido avanzando en el D.F. debido en parte a las regulaciones ambientales para la industria, la mayor parte de la industria se ha trasladado hacia ciudades cercanas como Toluca, Santiago de Querétaro y Puebla de Zaragoza. La descentralización industrial del Distrito Federal ha favorecido el crecimiento de esta actividad en otros estados, especialmente los del norte, en donde a partir de la década de 1990 se establecieron nuevas empresas maquiladoras. No obstante, comparada con las demás entidades del país, mantiene su predominancia geográfica y económica.

Según datos de la Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito Federal, esta entidad cuenta con 54 zonas industriales y además, el PIB industrial manufacturero capitalino ha registrado en los últimos años, el 14% del total nacional de esta división. La ZMVM concentra actualmente a la industria química y de transformación, la industria alimenticia y la producción de maquinaria, además de concentrar buena parte de la mano de obra del ramo industrial. De acuerdo al último censo económico realizado por el INEGI existen más de 328 mil industrias manufactureras a nivel nacional, y el 16% se encuentra ubicado en la ZMVM, principalmente en grandes parques industriales.

En el Distrito Federal existen 28 025 establecimientos del sector manufacturero, por lo cual, ocupa el segundo lugar a nivel nacional. El subsector correspondiente a la producción de alimentos, bebidas y tabaco, es el giro de mayor representación con un 36%, le siguen las manufacturas de productos metálicos con el 23% y la producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales con el 15%.

En condiciones semejantes de eficiencia energética, las emisiones contaminantes provenientes de fuentes fijas dependerán del tipo de combustible y del volumen de producción. La Figura 2.4 muestra la curva de eficiencia energética (PIB por unidad de energía consumida) de la industria manufacturera

mexicana. Se puede observar la uniformidad de este indicador entre los años 2000 y 2005 lo que significa que la eficiencia energética se mantiene casi constante.

Esta condición confirma las observaciones realizadas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) respecto a que México no ha logrado desvincular el desarrollo económico del deterioro ambiental. Además permite suponer que, a nivel macroeconómico, al variar el número de unidades producidas variará necesariamente el volumen consumido de energía en su producción.



Fuente Hernández-Moreno. Evaluación del Plan Verde. 2009

Figura 2.4. Eficiencia energética de la industria manufacturera de México.

## 2.4 COMERCIO Y SERVICIOS

En el sector servicios existían en el año 2002, 252 009 unidades de comercio y servicios en la ZMVM, de las cuales el 61.2% se ubicaba en el Distrito Federal, siendo la delegación Cuauhtémoc la que poseía el mayor número de éstas, mientras que en el Estado de México, Ecatepec y Nezahualcóyotl son los que contaban con el mayor número de establecimientos dedicados a este sector.

Con base en datos del 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. De acuerdo al INEGI 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, aunque estos números indican que solamente ha habido un crecimiento del 3% de este tipo de unidades en el sistema formal.

Las actividades comerciales y de servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional y se han concentrado en las zonas urbanas. Parte de la explicación proviene de los flujos migratorios campo-ciudad y ciudad-ciudad. También, cabe destacarse la débil capacidad de respuesta de las actividades industriales para absorber la sobreoferta de mano de obra, que se traduce en el crecimiento del sector informal, en el cual no hay prestaciones salariales, ni contribuciones fiscales.

A diferencia de los procesos industriales, en el caso específico de la ZMVM, la importancia de los servicios radica no sólo en su dimensión y la diversificación de su oferta, sino también en los impactos ambientales que pueden derivarse de dichas actividades. Los patrones de consumo, en su caso, están determinando la intensidad a la que se somete el aprovechamiento de los recursos naturales y los volúmenes y grado de contaminación.

## 2.5 TRANSPORTE

Debido al crecimiento poblacional de la ZMVM, la mancha urbana ha seguido creciendo en forma horizontal sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Históricamente ha habido una desarticulación del transporte y ordenamiento urbano, rezago en la infraestructura vial y crecimiento explosivo del parque vehicular. Todos los programas de calidad de aire han priorizado la necesidad de organizar y ampliar el transporte público como un medio para mejorar la calidad del aire.

La flota vehicular registrada en la ZMVM, se estima en más de 4.2 millones de vehículos, de los cuales el 62% corresponden a unidades registradas en el Distrito Federal y el 38% restante a unidades registradas en el Estado de México. Cabe mencionar que los 41 municipios conurbados que se agregaron recientemente a la ZMVM, sólo representan el 12% de la flota del Estado de México y el 5% de la flota total de la ZMVM. El Distrito Federal tiene registrados a más de la mitad de los vehículos circulantes en la ZMVM como de uso particular y por su parte el Estado de México concentra el doble del transporte de carga en comparación con el Distrito Federal.

La Figura 2.5 muestra la evolución del parque vehicular en la ZMVM, en la que se aprecia que durante el período del PROAIRE 2002-2010 hubo un aumento de alrededor de un millón de vehículos.

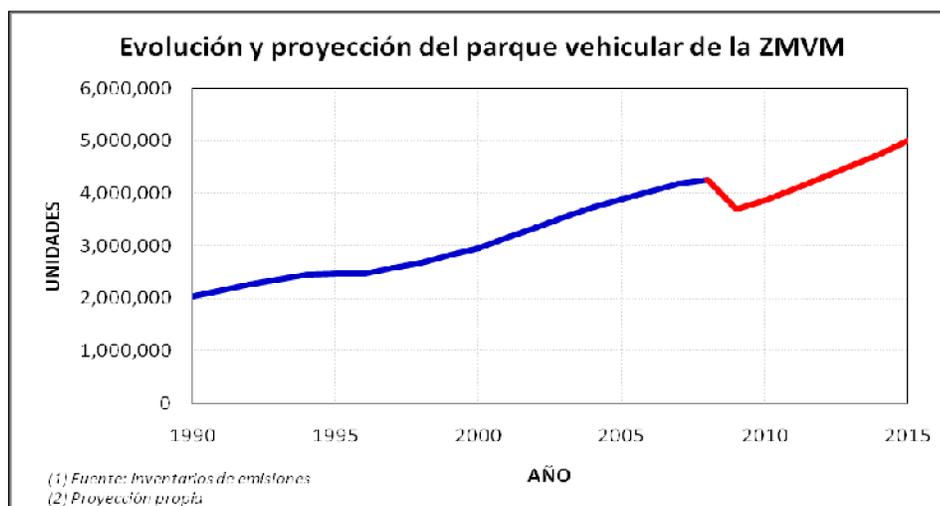


Figura 2.5 Evolución del Parque Vehicular en la ZMVM

En el diseño de las estrategias relacionadas con el transporte en el PROAIRE 2002-2010, se tomó en cuenta la encuesta origen destino de 1994 en la ZMVM que indicaba la realización de 20.57 millones de viajes concentrando el Distrito Federal el 66.5% del total de viajes; mientras que los viajes de los municipios conurbados del Estado de México representaban sólo el 33.5%, situación que manifestaba

una menor producción de viajes, a pesar de encontrarse la población de los municipios conurbados del Estado de México en una proporción semejante a la del Distrito Federal.

En la encuesta origen-destino realizada en el año 2007 los resultados indican que se realizan 22 millones de viajes al día, correspondiendo al Distrito Federal el 58.4% y a los municipios conurbados el 41.3%. Al realizar una comparación con la encuesta de 1994, el número de viajes se ha incrementado en un 1.4 millones al día, lo que representa alrededor de un 7% de incremento. Una diferencia importante es el hecho de que aunque el porcentaje de la población que reside en el Distrito Federal solamente ha disminuido un 3% en relación al total de la ZMVM, el número de viajes realizados en el Distrito Federal ha disminuido un 8%, aunque sigue siendo mayor el número de viajes en esta entidad que en el Estado de México.

En la Figura 2.6 se observa la evolución del reparto por modo de transporte en la ZMVM. 14.8 millones de personas se movilizan en transporte público y 6.8 millones de personas lo hacen en auto particular, sin embargo, dos terceras partes de los viajes son realizados en transporte público. Puede apreciarse que el modo de transporte no se ha transformado de manera significativa en la ZMVM, aunque en esta encuesta todavía no se refleja la introducción del Metrobús. El metro sigue teniendo un 14% de participación en el número de viajes, el número de viajes en automóviles particulares se incrementó entre un 4 y 5%, el viaje en autobuses aumentó el 1%, y se logró disminuir el número de viajes en microbuses alrededor del 8%.

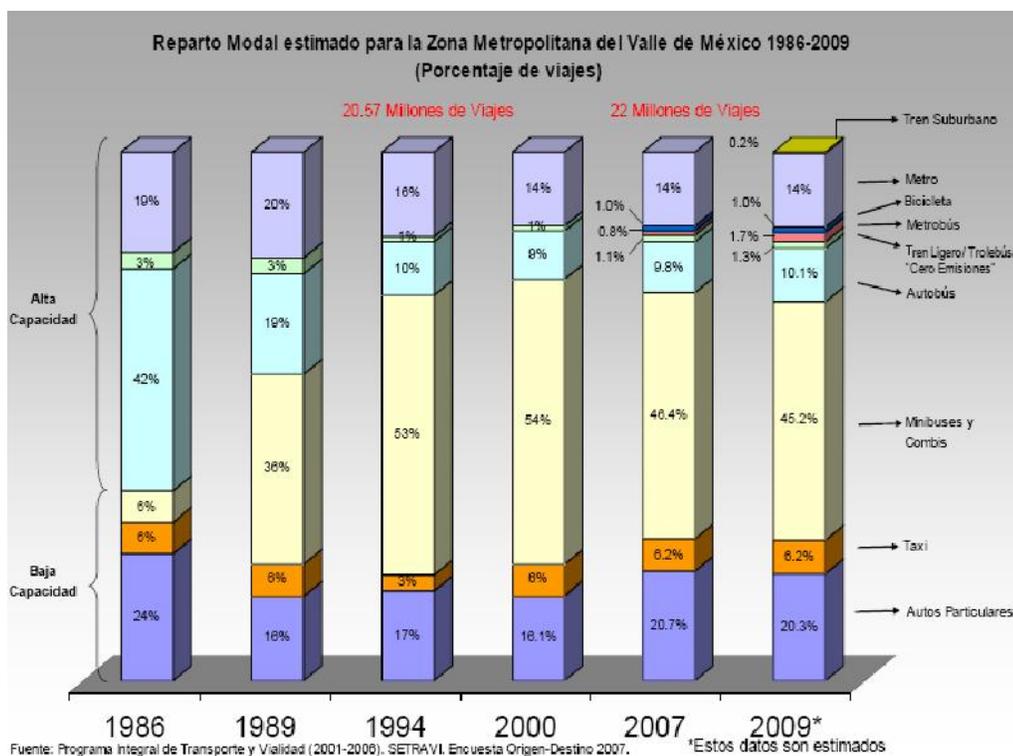


Figura 2.6. Evolución del sistema modal de transporte en la ZMVM

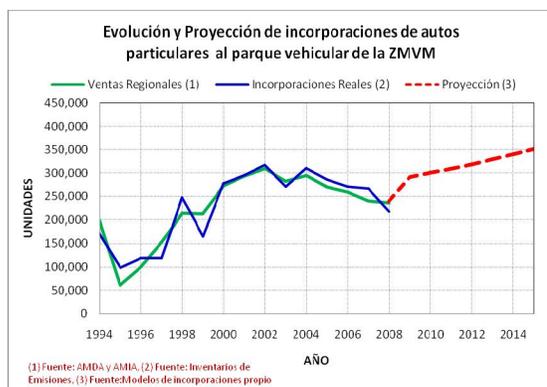
### Evolución del transporte público en la ZMVM

El Sistema de Transporte Colectivo–Metro (STC-M), sigue siendo la columna vertebral del transporte público en la ZMVM; cuenta con 11 líneas y 175 estaciones y se encuentra en construcción la línea 12.

En los últimos, 4 años, el transporte en la ZMVM ha experimentado cambios importantes que aun no se reflejan en la encuesta origen-destino. El primer cambio se relaciona con la puesta en marcha de los corredores estratégicos de transporte del sistema Metrobús en el Distrito Federal; este sistema ya cuenta con 2 líneas que mueven a 450 000 pasajeros al día, los cuales pueden conectar con las líneas del metro y el tren ligero. Así mismo se inauguró el tren suburbano que representa un esfuerzo de concertación entre el gobierno Federal, del Estado de México y del Distrito Federal. La línea Cuautitlán-Buenavista recorre 22 km entre el Estado de México y el Distrito Federal. A lo largo del Eje Central se inauguró el primer corredor “Cero Emisiones” con 120 trolebuses en alrededor de 36 km de longitud. Actualmente, más de 175 000 usuarios utilizan los corredores de transporte que cuentan con 150 autobuses nuevos de casi 12 m de largo con tecnología anticontaminante Euro IV.

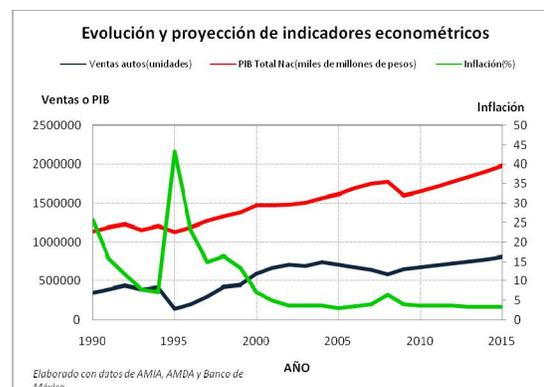
## Evolución de la flota vehicular privada

La falta de un transporte público masivo, seguro y eficiente, ha ocasionado que la flota vehicular de uso particular continúe creciendo rápidamente, aunado a ello, la situación de relativa estabilidad económica que prevaleció entre el año 1998 y 2004 motivó también la adquisición de vehículos. Por el contrario, la caída de las ventas entre 2004 y 2008 es congruente con la crisis económica que ha vivido el país (Figura 2.7). Los autos particulares en el año 2008, representan el 81% de las unidades destinadas al transporte de personas (4 195 672). La Figura 2.8 muestra la evolución de la adquisición de vehículos en comparación con el PIB y la inflación, lo cual sugiere que las ventas de autos no dependen del número de habitantes sino del capital que posee la población y el valor de ese capital representados por el PIB y la inflación. Finalmente, la Figura 2.8 muestra la evolución de la flota vehicular particular en la ZMVM.



Fuente. Hernández-Moreno. Evaluación del Plan Verde. 2009.

Figura 2.7 Ventas automotrices



Fuente. Hernández-Moreno. Evaluación del Plan Verde. 2009

Figura 2.8 Comparación de ventas, PIB e inflación.

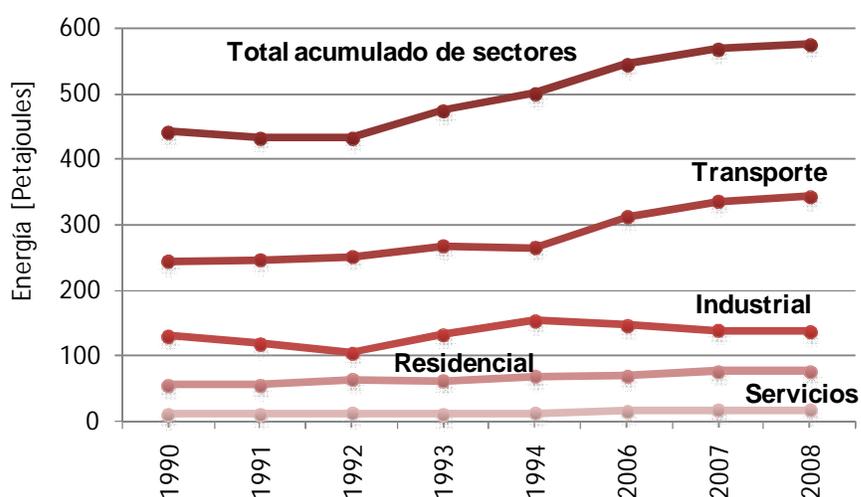
## 2.6 USO DE LA ENERGÍA

El uso de la energía en una zona vincula en forma directa el desarrollo con la emisión de contaminantes, ya que prácticamente todo el consumo energético implica la quema de combustibles fósiles.

El consumo energético de la ZMVM presenta las estadísticas del destino de la energía primaria, es decir, proporciona un panorama de la oferta y la demanda de los mismos. La forma en que esta demanda impacta la calidad del aire depende en gran medida del balance energético, del tipo y calidad de los combustibles, así como del nivel tecnológico de la planta industrial y del parque vehicular.

La ZMVM en 1998 consumió 500 petajoules de energía por el uso de combustibles fósiles (14% del consumo nacional), esto equivale a consumir 373 mil barriles diarios de gasolina. La energía destinada al consumo final para la ZMVM para el Inventario de Emisiones 2008, se contabilizó en 576 PJ. El consumo promedio diario de los combustibles, se estimó en 314 mil barriles equivalentes de gasolina; es decir 50 millones de litros equivalentes por día.

Los sectores más importantes por su demanda de energía fueron: el transporte, el cual tuvo una participación promedio de 60% del consumo energético, así como el sector industrial con 24%. El incremento en el consumo de energía de más del 8% durante el período del PROAIRE, se debe en gran medida al sector transporte, reflejo del constante crecimiento de la flota vehicular, sin embargo, el resto de los sectores se han mantenido con ligeras variaciones anuales. La Figura 2.9 presenta la evolución histórica del consumo energético en la ZMVM.



Fuente. SMA-GDF. Inventario de Emisiones 2008.

Figura 2.9. Evolución del consumo energético en la ZMVM

En el Cuadro 2.1 se presenta el consumo por tipo de combustible y se observa que la demanda energética de la ZMVM se satisface principalmente con gasolina, la cual cubrió el 44.1% de la demanda. En segundo lugar se tiene al gas natural, el cual participó con el 21.5%.

El sector transporte es el de mayor demanda con un consumo del 60% de la energía total, teniendo a la gasolina como el principal combustible utilizado; el segundo lugar en consumo es el sector industrial, utilizando el 24% de la energía total, en su mayoría gas natural.

Para satisfacer los requerimientos de cocción, iluminación, calentamiento, la ZMVM utiliza en su mayoría gas licuado de petróleo y gas natural del consumo energético, sin embargo, solo el 6% del consumo es de gas natural en el sector residencial, al igual que en el sector servicios.

Cuadro 2.1 Consumo energético por tipo de combustible en la ZMVM, 2008

Tipo de combustible	Consumo anual		Energía disponible	
	[millones de barriles]	[millones de litros]	[Pj]	[%]
Gasolina Premium	5.0	797	25.2	4.4
Gasolina Magna	45.6	7 246	229.0	39.7
Diesel Industrial bajo Azufre	1.3	201	7.1	1.2
PEMEX Diesel	13.9	2 211	78.6	13.6
Gas Natural	22 058	3 506 880	124.2	21.5
Gas LP	26.7	4 244	112.3	19.5
Total ZMVM	22 150	3 521 578	576	100

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

Fuente: SMA-GDF. Inventario de Emisiones 2008.

La venta de gasolina Premium que tenía una tendencia de aumento muy reducida pero constante, comenzó a disminuir su consumo después del 2006 como producto de la crisis, en tanto que el consumo de gasolina magna ha ido en aumento desde el año 2005, con excepción del año 2008 en donde tuvo un descenso debido también a la crisis económica. La Figura 2.10 muestra la evolución en la venta de gasolinas magna y Premium.

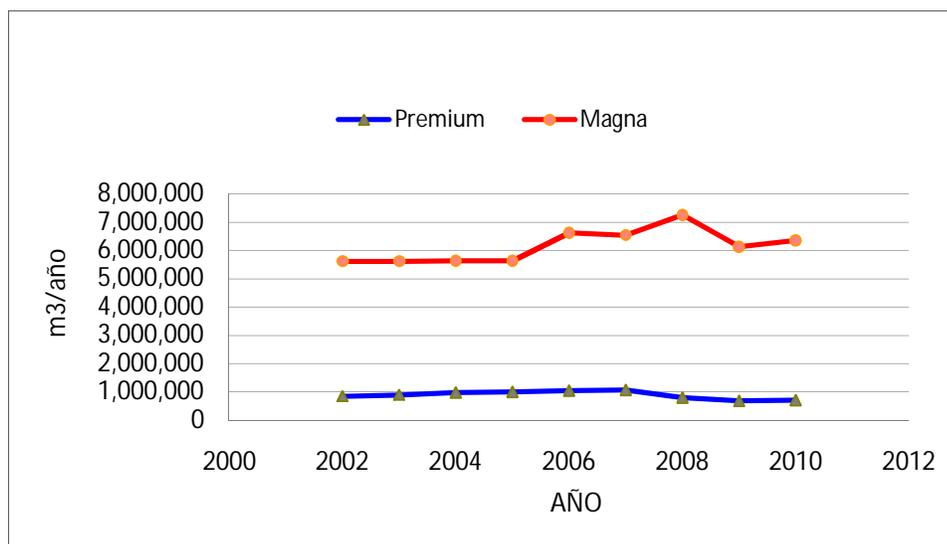


Figura 2.10 Tendencia en el consumo de las gasolinas magna y premium.

## 2.7 USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN

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

Actualmente se presentan siete tipos de vegetación que corresponden a los climas templado frío y semiárido, básicamente forman parte de las zonas de conservación y son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, matorral, pastizal, agrupaciones halófilas y vegetación acuática. Además, estudios de flora en la ZMVM, revelan que se han identificado aproximadamente 1 500 especies de plantas vasculares. El Distrito Federal se divide, para fines administrativos, en Suelo Urbano y Suelo de Conservación. El Suelo de Conservación ocupa 88 442 hectáreas (59% del Distrito Federal). Parte de ellas son 38 252 hectáreas cubiertas por bosques, 500 hectáreas de matorrales y 28 599 hectáreas de uso agrícola.

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

La importancia de zonas forestales de la ZMVM radica en la capacidad de proveer condiciones de habitabilidad a las zonas urbanas (Figura 2.11). El microclima formado por el bosque proporciona condiciones cómodas para el ser humano, además de proporcionar alternativas de entretenimiento exterior urbano en parques y jardines, proveer un medio de vida silvestre dentro del entorno urbano, mejorar la estética del entorno y la calidad de aire al reducir las concentraciones de algunos contaminantes y suministrar oxígeno a la atmósfera.

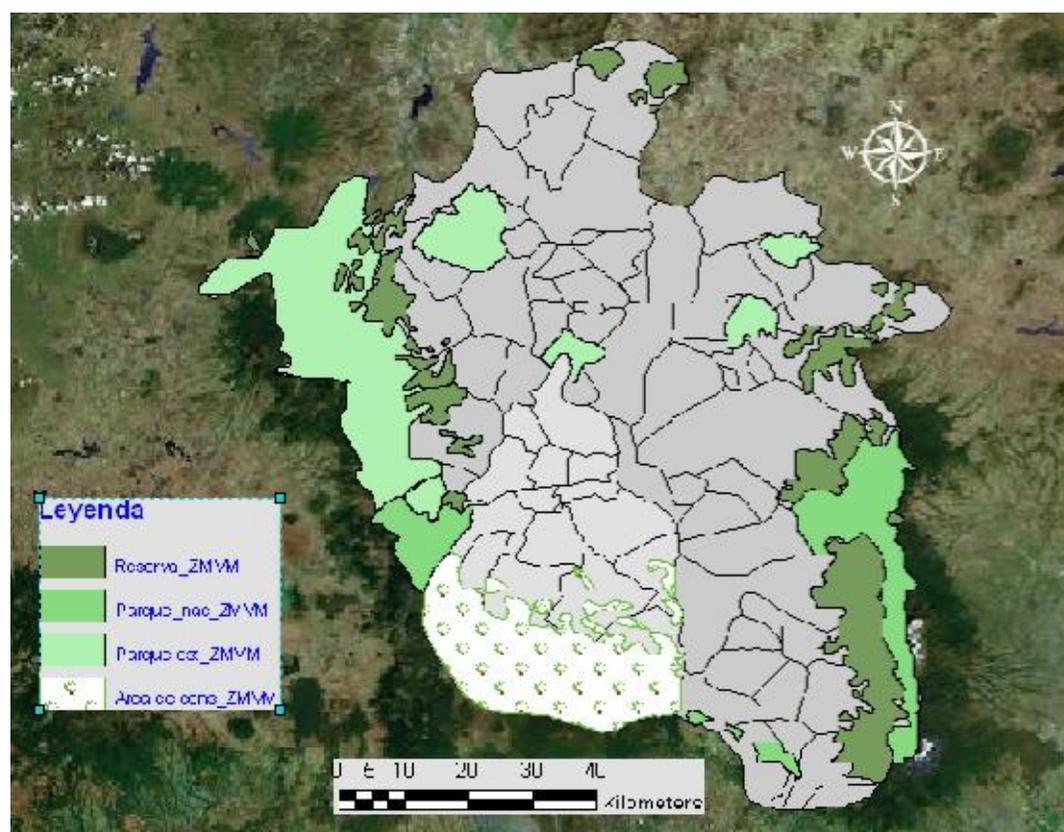


Figura 2.11. Uso de suelo en la ZMVM

## 2.8 EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES A LA ATMOSFERA

La ZMVM tiene una tasa de deforestación estimada de 1.1% anual lo cual pone en riesgo el frágil ecosistema de las zonas forestales y las especies animales que las habitan, por lo que existe la probabilidad de perder los beneficios que proporcionan las zonas forestales a la calidad del aire y a la recuperación de los mantos freáticos.

### Inventarios de Emisión de Contaminantes Criterio

La evolución que han tenido las emisiones desde 1998 hasta el año 2008 se presentan en el Cuadro 2.2, donde se puede apreciar que las emisiones de PM<sub>10</sub> se reducen en un 25% y las de SO<sub>2</sub> disminuyen en un 55% debido principalmente a la reducción del contenido de azufre en los combustibles y al cambio en el uso de los mismos.

La reducción alcanzada del 13% en emisiones de CO es consecuencia del cambio tecnológico del parque vehicular donde los vehículos con sistema de control han ido en aumento y aquellos que no cuentan con sistema de control se han reducido paulatinamente; a las mismas causas se atribuyen las reducciones de NO<sub>x</sub> (3%). aunque es importante mencionar que estas reducciones son mucho menores a las alcanzadas en los anteriores programas de calidad del aire, cuando se hicieron las primeras modificaciones tecnológicas y comenzaron a utilizarse los convertidores catalíticos.

Las reducciones en COVs (13%) se atribuyen en parte también a los cambios tecnológicos de los vehículos, aunque también se atribuye a un mayor control en las fuentes de área.

Cuadro 2.2 Evolución de las emisiones de contaminantes de la ZMVM 1998-2008

Año Inventario	Ton/año					
	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV
1998	32 520	14 780	1 792 ,964	185 013	737 419	513 127
2000	25 034	8 385	2 032 580	193 476	791 990	540 182
2002	23 473	8 548	1 941 656	188 262	821 014	542 572
2004	20 686	6 646	1 792 081	179 996	822 545	532 168
2006*	20 618	6 317	1 783 087	180 412	829 587	516 019
2008*	24 445	6 704	1 568 613	189 427	946 783	591 432

\* Para fines de comparación se presenta el inventario de 19 delegaciones y 18 municipios conurbados.

Fuente. Dirección General de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones.

En la Figura 2.12 se presenta la evolución de los inventarios de emisiones por fuente de la ZMVM elaborados durante el período del PROAIRE 2002-2010 por la Dirección General de Calidad del Aire e Inventarios de la SMA-GDF. Se observa que la contribución porcentual de contaminantes provenientes del sector transporte ha disminuido por las acciones realizadas en materia de control de emisiones en alrededor del 9%, en tanto que las contribuciones de los sectores industrial y servicios se incrementó.

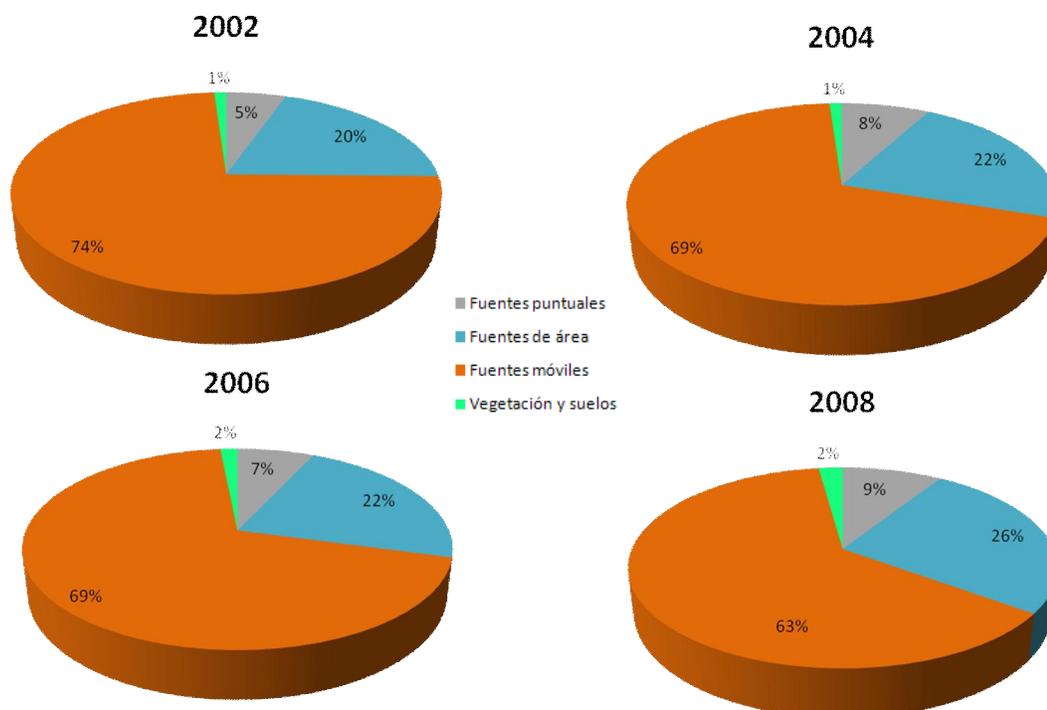
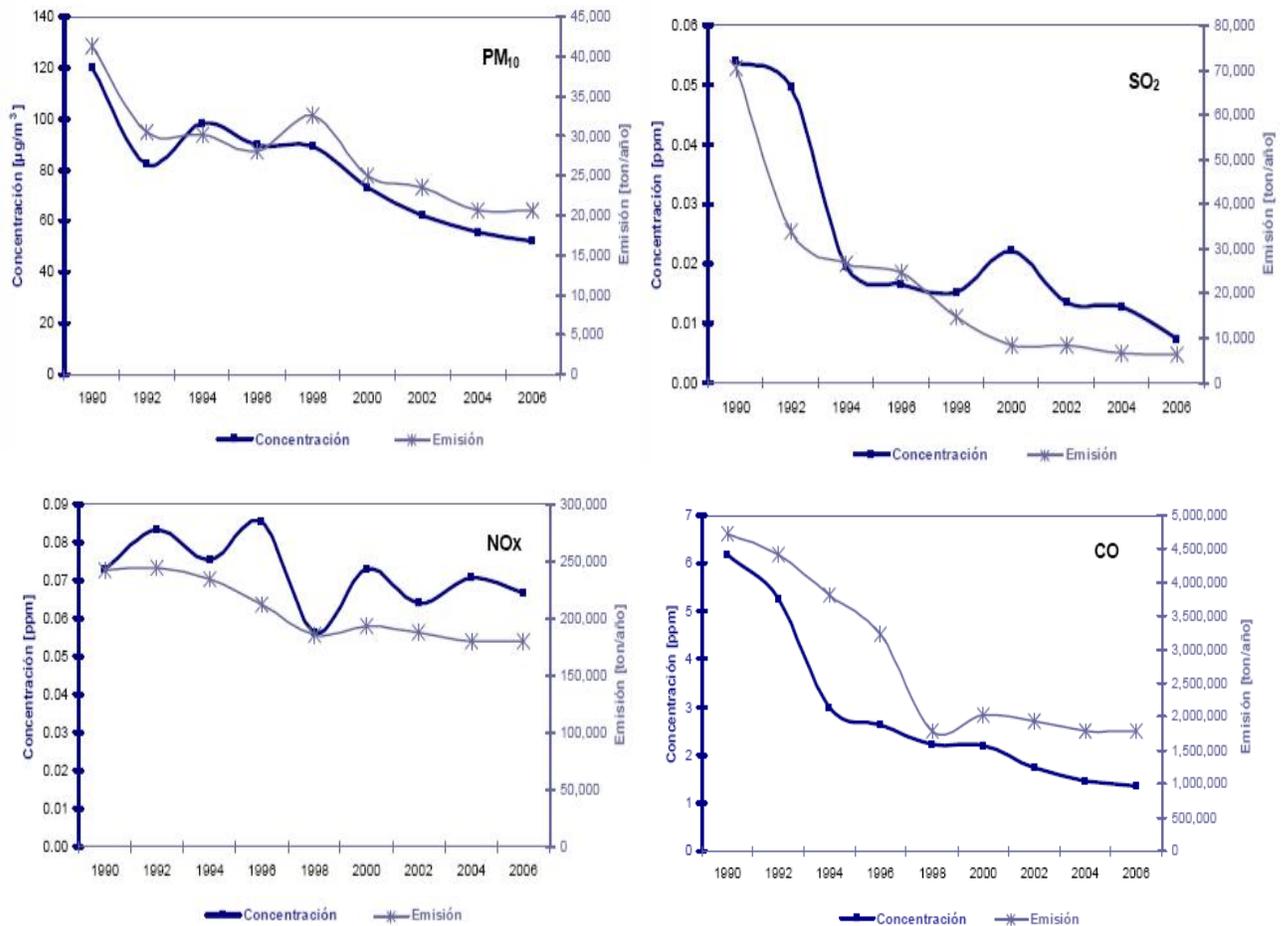


Figura 2.12. Evolución de la distribución porcentual de las emisiones a la atmósfera

La figura 2.13 muestra una comparación de las tendencias en las concentraciones de la calidad del aire de los cuatro contaminantes primarios  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  y  $CO$ , con las emisiones calculadas con los inventarios de emisión, donde en general se observa una alta concordancia.

Las disminuciones presentadas por las  $PM_{10}$  a lo largo de los años, coinciden con las disminuciones estimadas por los inventarios ya que ambas tienen una reducción de alrededor del 50%. Los altos valores estimados en el inventario de 1998 se debieron a variables meteorológicas de sequía generándose más partículas provenientes de suelos agrícolas y caminos pavimentados que quizá la red de monitoreo no captó por ubicarse en la zona urbana. En cuanto al  $SO_2$  también muestra una concordancia en la disminución de la presencia del contaminante en las emisiones y concentraciones atmosféricas. El pico que se presenta en las concentraciones se ha atribuido al uso de combustibles de alto contenido de azufre, que por estar fuera de norma pudo no ser reportado por las industrias que lo consumieron y por ello no se consideró dicha emisión.

En el caso del  $NO_x$  aunque ambas tendencias son a la baja, se presentan varios picos de discrepancias en altas concentraciones atmosféricas. El primer pico de 1998 a 2000 se atribuye a la modificación del programa "Hoy no circula" que permitió que vehículos de 1993 y posteriores circularan todos los días cuando anteriormente dejaban de circular un día de la semana. El segundo pico en el 2004 pudiera ser por una sobrestimación o defasamiento en las reducciones reportadas por el sector generador de energía eléctrica en la instalación de quemadores de bajo  $NO_x$ . Finalmente, las tendencias de emisiones y concentraciones de  $CO$  en la atmósfera coinciden en su tendencia a la baja, mostrando que se han realizado importantes mejoras en la estimación de los inventarios en lo que concierne a las fuentes móviles.



Fuente: SMA-GDF. Dirección general de Inventario de Emisiones, 2006

Figura 2.13. Comparación de la evolución de las emisiones estimadas en los inventarios y las concentraciones medidas por el SIMAT.

El Cuadro 2.3 y la Figura 2.14 muestran la comparación de las emisiones producidas en cada una de las dos entidades de la ZMVM (considerando solamente los 18 municipios conurbados).

Se observa que con excepción de los NO<sub>x</sub> y el NH<sub>3</sub> las emisiones totales por contaminante generadas en el Estado de México son más elevadas, destacando el caso de las PM<sub>10</sub> y el SO<sub>2</sub> cuyo aporte en dicha entidad sobrepasa el 70% del total, lo cual será importante considerar en programas posteriores.

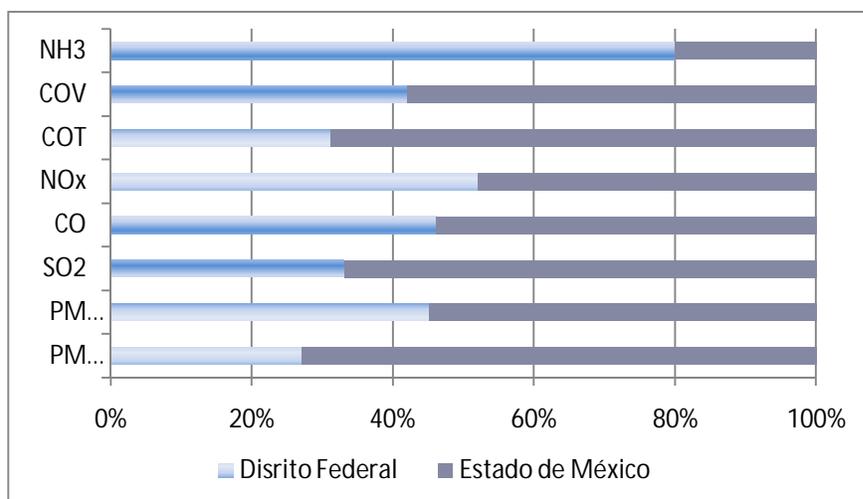
Sin embargo, al observar los datos por tipo de fuente, se encuentra que las emisiones por fuentes de área de CO y NO<sub>x</sub> y las de fuentes vehiculares de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> son mayores en el Distrito Federal.

Cuadro 2.3 Datos de emisión de contaminantes por tipo de fuente.

Contaminante	Fuentes puntuales			Fuentes de área			Fuentes móviles			Vegetación y suelos			Total		
	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM
	[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]		[ton/año]	[%]	
PM <sub>10</sub>	5 135	28	72	14 678	17	83	3902	64	36	730	15	85	24445	27	73
PM <sub>2.5</sub>	983	23	77	1 643	21	79	2849	65	35	148	15	85	5623	45	55
SO <sub>2</sub>	3 375	10	90	23	39	61	3306	56	44	N/A	N/A	N/A	6704	33	67
CO	7 146	15	85	9 263	69	31	1 552 204	46	54	N/A	N/A	N/A	1 568 613	46	54
NOx	21 434	12	88	12 043	62	38	154 919	56	44	1031	16	84	189 427	52	48
COT	134 251	28	72	581 729	25	75	195 218	53	47	35 585	25	75	946 783	31	69
COV	129 211	28	72	241 252	44	56	185 384	53	47	35 585	25	75	591 432	42	58
NH <sub>3</sub>	181	13	87	15 198	45	55	4 798	55	45	N/A	N/A	N/A	20 177	80	20

N/A No aplica

Resultados preliminares del Inventario 2008 considerando los 59 municipios conurbados.

Fuente. SMA-GDF. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM, 2008.  
Figura 2.14 Porcentaje de Emisiones en las dos entidades federativas de la ZMVM

### Inventarios de Emisión de Contaminantes Tóxicos

Entre las actividades más importantes realizadas por la SMA-GDF durante el período del PROAIRE 2002-2010, se encuentra el desarrollo y publicación por primera vez del Inventario de Emisiones de Contaminantes Tóxicos de la ZMVM 2004, mismo que se actualizó para el año 2006 con la ampliación de 84 a 109 de sustancias tóxicas evaluadas. Este tipo de inventario fortalece de manera importante la política ambiental de la ZMVM, al proporcionar una de las bases técnicas más importantes para establecer medidas de mitigación de sustancias tóxicas en la atmósfera, las cuales podrían representar un riesgo mayor para los habitantes de la ZMVM que el que suponen los contaminantes criterio.

El término de compuestos tóxicos del aire es utilizado para referirse a un compuesto o grupo de compuestos químicos nocivos a la salud que se encuentran en la atmósfera, estos compuestos pueden tener efectos a corto plazo (agudos) o a largo plazo (crónicos). Estos compuestos pueden encontrarse en forma gaseosa o en forma de partículas suspendidas, pueden tener un carácter inorgánico u orgánico e incluyen compuestos cancerígenos, disolventes químicos y metales pesados entre otros.

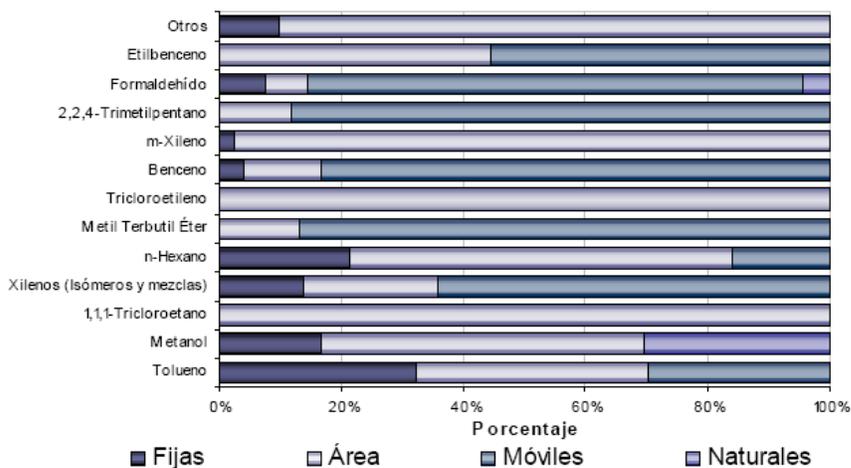
Este inventario reporta que en el año 2006 se emitieron a la atmósfera 175 000 toneladas anuales de las 109 especies tóxicas consideradas. Así mismo, más del 70% de dicha cantidad corresponde a 9 compuestos que son: tolueno, metanol, 1,1,1 tricloroetano, mezcla de xilenos, n-hexano, metil terbutil éter, tricloroetileno y benceno. Los metales pesados representaron el 1% del total, siendo el manganeso, antimonio y plomo los que se emiten en mayor proporción por caminos no pavimentados. El Cuadro 2.4 presenta la emisión de contaminantes tóxicos por sector y por entidad, donde se observa que las fuentes de área contribuyen con más del 50%, por lo que seguramente se reforzarán las medidas de control para los establecimientos que producen estas emisiones en el próximo PROAIRE.

Cuadro 2.4 Emisión de contaminantes tóxicos por sector en la ZMVM.

Sector	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM	
	Ton/año	Ton/año	Ton/año	%
Fuentes puntuales	15 744	14 206	29 950	17
Fuentes de área	35 748	53 100	88 848	51
Fuentes móviles	19 306	31 003	50 309	29
Naturales	2 099	3 674	5 773	3
Total	72 897	101 983	174 880	100

Fuente. SMA-GDG. Dirección general de Inventario de Emisiones, 2006

La Figura 2.15 presenta las aportaciones porcentuales de las diferentes fuentes de los contaminantes tóxicos que se emiten en mayor cantidad, donde se aprecia la importancia de estudiar cada tipo de compuesto para el establecimiento de estrategias particulares. por ejemplo, a diferencia de otros compuestos que son emitidos por fuentes de área, el benceno que es un contaminante cancerígeno es emitido principalmente por fuentes móviles.



Fuente. SMA-GDG. Inventario de Emisiones de Contaminantes Tóxicos, 2006

Figura 2.15. Contribución porcentual por tipo de fuente a los principales contaminantes tóxicos (2006)

## Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero

Los inventarios bianuales de contaminantes criterio de 1998 a 2004 incluían un apartado sobre emisiones de CO<sub>2</sub>. En el año 2006 se publica el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para la ZMVM (Cuadro 2.5), que incluye además las emisiones de metano y óxido nitroso, utilizando para el desarrollo de este inventario la guía del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Este inventario proporciona la oportunidad de realizar el seguimiento del Plan de Acción Climática del Distrito Federal y elaborar planes de acción para mitigar este tipo de emisiones.

Cuadro 2.5 Emisión de gases de efecto invernadero en la ZMVM.

Sector	Emisiones de GEI (ton/año)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Industrial	10 345 252	223	29
Comercial-Servicios	972 601	19	2
Residencial/Habitacional	4 233 924	102	7
Transporte carretero	31 139 856	3 760	1 315
Otras fuentes*	1 069 149	246 796	66
<b>TOTAL</b>	<b>37 760 782</b>	<b>250 900</b>	<b>1 419</b>

\*Incluye operación de aeronaves, locomotoras (foráneas/patio), terminales de autobuses, distribución, almacenamiento y fugas de GLP, hidrocarburos no quemados en la combustión de GLP, incendios forestales y rellenos sanitarios. Fuente: SMA-GDF. Inventario de Gases de Efecto Invernadero 2006.

## 2.9 EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO EN LA ZMVM

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del D.F., se encarga de la vigilancia de la calidad del aire de la ZMVM a través del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT). Su misión es la de vigilar y evaluar los niveles de la contaminación del aire para informar de manera oportuna a la población sobre cualquier riesgo. Actualmente está integrado por cuatro subsistemas (Cuadro 2.6): la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA), la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET) y la Red de Depósito Atmosférico (REDDA).

Cuadro 2.6. Evolución del número de estaciones de monitoreo del SIMAT

Año	Número de estaciones						Parámetros que se miden
	Totales		En el Distrito Federal		En el Estado de México		
	2002	2008	2002	2008	2002	2008	
RAMA	32	36	21	24	11	12	O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>
REDMA	13	14	9	9	4	5	PST, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , Pb-PM <sub>10</sub> , Pb-PM <sub>2.5</sub>
REDMET	15	15	6	8	7	7	Velocidad, perfil y dirección del viento, humedad relativa, temperatura, perfil de temperatura y radiación ultravioleta
REDDA	16	16	12	12	4	4	pH, conductividad, sulfatos, nitratos, aniones y cationes



## 2.10 EVOLUCION DE LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

La Secretaría de Salud modificó las Normas de Calidad del Aire que establecen los límites permisibles de concentración de los contaminantes atmosféricos, con lo que los valores normados se adecuan más a las normas internacionales.

En particular las normas modificadas entre el 2002 y el 2008 fueron las relacionadas con partículas. Se estableció la norma para partículas  $PM_{2.5}$ , se modificó la norma para  $PM_{10}$  y para PST. Además se estableció la norma para ozono de quinto máximo (móvil de 8 h).

En el Cuadro 2.7 se presentan las normas actualizadas de Calidad del Aire.

Cuadro 2.7. Normatividad relativa a las concentraciones atmosféricas de contaminantes criterio.

Contaminante	Norma Oficial Mexicana (NOM)	Niveles máximos permitidos de exposición		
		Aguda Crónica		
		Concentración (Tiempo Promedio)	Frecuencia Máxima Aceptable	Concentración (tiempo Promedio)
Ozono ( $O_3$ )	NOM-020-SSA-1993	0.11 ppm 0.08	Una vez al año, 4 máximo en un año	NA
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11 ppm (8 horas prom. móvil)	Una vez al año	NA
Bióxido de azufre ( $SO_2$ )	NOM-022-SSA1-1993	0.13 ppm (24 horas)	Una vez al año	0.03 ppm (PAA)
Bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ )	NOM-023-SSA1-1993	0.21 ppm (1 hora)	Una vez al año	NA
Partículas PST	NOM-025-SSA1-1993	210 $\mu g/m^3$ (24 horas)	Una vez al año	75 $\mu g/m^3$ (PAA)
Partículas $PM_{10}$	NOM-025-SSA1-1993	120 $\mu g/m^3$ (24 horas)	Una vez al año	50 $\mu g/m^3$ (PAA)
Partículas $PM_{2.5}$	NOM-025-SSA1-1993	65 $\mu g/m^3$ (24 horas)	Una vez al año	15 $\mu g/m^3$ (PAA)
Plomo (Pb)	NOM-026-SSA1-1993	NA	NA	105 $\mu g/m^3$ (PAA de 3 meses)
$m^3$ = metro cúbico		NA = no aplica		
ppm = partes por millón		PAA Promedio aritmético anual		
$\mu g$ = microgramos				

## 2.11 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Banco de México. 2008. Expectativas de los especialistas en economía. México.
- Comisión Ambiental Metropolitana. (2002). Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Salud. México, D.F. pp. 381.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2007. Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población. 2008. La situación demográfica en México 2008.
- Covarrubias, 2000; en Proyecto para el diseño de una estrategia integral de gestión de la calidad del aire en el Valle de México, 2001-2010. MIT, 2000.
- Hernández-Moreno A. 2009. "Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios"
- INEGI. 2002. Marco Geoestadístico Municipal. 2000.
- Molina, L. T.; Molina, M. 2002. Air Quality in the Mexico Megacity: An integrated Assessment. Kluwer Academic Publishers.
- Muñoz, R.; Granados, M. G.; Jaimes, M. C. (2008). "Análisis del comportamiento semanal del ozono en la zona metropolitana del Valle de México en el periodo 1990-2007". Serie de Análisis del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México. SMA-GDF.
- SMA-GDF. 2000. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 1998.
- SMA-GDF. 2002. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2000.
- SMA-GDF. 2004. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2002.
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2004.
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Dirección General de Inventario de Emisiones. Evolución y Tendencias de las Emisiones en la ZMVM 1990-2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de gases de efecto invernadero de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes tóxicos de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe de la Calidad del Aire 2008.

- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2008. (Documento Preliminar).
- SMA-GDF. 2003. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2002.
- SMA-GDF. 2004. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2004.
- SMA-GDF. 2005. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2004.
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2005.
- SMA-GDF. 2007. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2007.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2008.

# 3

## METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL PROAIRE 2002-2010

El documento denominado “Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010” (PROAIRE 2002-2010) publicado por la Comisión Ambiental Metropolitana, contiene varias estrategias y 89 medidas que debían desarrollarse a corto, mediano y largo plazo para proteger la salud de los habitantes de la ZMVM a través del mejoramiento en la calidad del aire. Por consiguiente, la evaluación de dicho Programa deberá contemplar no solamente la evaluación de las medidas y estrategias contempladas en el mismo, sino también el impacto en la calidad del aire y en la salud de los habitantes de la ZMVM.

### 3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

A través de la Comisión Ambiental Metropolitana se solicitó a los coordinadores de todos los grupos la información relacionada con el cumplimiento de las estrategias y medidas previstas para el desarrollo del PROAIRE 2002-2010. Así mismo se solicitaron documentos e información estadística a diferentes dependencias de gobierno, tanto para determinar el avance de las medidas, como para realizar las estimaciones de las reducciones en las emisiones, los costos asociados y los beneficios a la salud.

La respuesta a esta solicitud mostró que a lo largo del desarrollo del PROAIRE 2002-2010 no hubo mucha interacción entre los coordinadores de los grupos, que no existen informes anuales o periódicos de los avances y costos de las acciones coordinadas por cada grupo, que no hay homogeneidad en la información de las distintas entidades y dependencias y que en general la información oficial es escasa.

Debido a lo anterior y para determinar la metodología de evaluación del PROAIRE, se tomaron en cuenta las siguientes reflexiones:

- La evaluación de un programa consiste en realizar un seguimiento del mismo, de manera que permita obtener información acerca de cómo se está llevando a cabo, para poder realizar una mejora continua a través de la retroalimentación. En este sentido, la evaluación de un programa no debe de ser un acto puntual, sino un proceso continuo que debe iniciarse desde el diseño y la planeación del programa.
- El proceso de evaluación debe incluir:
  - a) la “evaluación del contexto medioambiental” en el cual se realiza el planteamiento de las necesidades de la sociedad que llevan a la realización de un programa,
  - b) la “evaluación del diseño del programa” en la que se determina la viabilidad, la pertinencia de la programación, los actores responsables, los indicadores y la metodología de evaluación de los avances y resultados.
  - c) la “evaluación del desarrollo del programa”, que deberá efectuarse en forma periódica, de manera que retroalimente, mejore y corrija el mismo a través de la sistematización de la información de los resultados parciales, la cual debe evidenciar si las acciones se realizan en la forma planeada y si son efectivas.

d) la "evaluación de resultados", en la que se determina el cumplimiento de las metas y objetivos y la eficacia del programa.

- En este sentido, la primera consideración sobre la evaluación del PROAIRE 2002-2010, es que el proceso de evaluación debió haberse iniciado desde el planteamiento del programa y realizarse en forma continua. De igual forma, los indicadores y metodología de evaluación para las medidas y estrategias, debieron definirse desde un principio y el proceso de evaluación debió realizarse en forma periódica.

El hecho de que el proceso de evaluación se considerara como un acto puntual al término del programa, ha tenido como consecuencias:

- No contar con los indicadores ni con la metodología para la evaluación cuantitativa y cualitativa del programa que permitieran un proceso continuo de evaluación.
- No contar con una metodología de interacción, colaboración y discusión de los diferentes grupos de administración del PROAIRE.
- No contar con la información sobre los tiempos en la instrumentación de las actividades de cada medida.
- No contar con la información sobre los costos asociados a la instrumentación de las medidas.
- No contar con un sistema de información que pudieran alimentar periódicamente los coordinadores de los grupos designados para la administración del PROAIRE 2002-2010.
- Como consecuencia, el proceso de evaluación de los resultados del PROAIRE 2002-2010 presenta grandes limitaciones.

Con base en lo anterior, se emite la primera recomendación producto de esta evaluación, en el sentido de que al finalizar el diseño del siguiente PROAIRE se inicie el proceso de evaluación por una institución ajena a la gestión del mismo y que éste continúe hasta que el programa finalice. Así mismo, desde el diseño del futuro PROAIRE deberá desarrollarse un sistema de información que asegure al evaluador contar con todos los elementos necesarios para determinar la correcta aplicación y la eficacia de las medidas, cuantificar el grado de avance, conocer el uso de los recursos, detectar problemas en la implementación de las medidas y retroalimentar a los responsables para un mejor desarrollo del programa. Para ello deberá existir un acuerdo de obligatoriedad a proporcionar información por parte de las distintas dependencias.

La Evaluación de un Programa Ambiental, como es el PROAIRE, podría llevarse a cabo a través de la Evaluación Ambiental Estratégica, (EAE) basada en la Directiva 2001/42/CE del Parlamento y del Consejo Europeo y recomendada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Declaratoria de París para todos sus socios y miembros, entre los que se encuentra México.

La United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) define a la EAE como un proceso sistemático y anticipatorio, emprendido para analizar los efectos ambientales de planes, programas y acciones propuestas y para integrar las resoluciones en la toma de decisiones. Cabe mencionar que la OCDE emitió una recomendación para México en el año 2003: *"Desarrollar una evaluación ambiental estratégica de la política del transporte, incluyendo medidas que reduzcan los congestionamiento urbanos y desarrollar el transporte de carga por tren y barco, con base en análisis costo-beneficio."* Con este antecedente es posible considerar el Desarrollo de una Evaluación Ambiental Estratégica para el futuro Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM lo que además proporcionaría la oportunidad de dar cumplimiento a la recomendación de la OCDE.

La evaluación del cumplimiento y resultados obtenidos por la aplicación del PROAIRE 2002-2010, se dividió en cuatro etapas que se presentan en los siguientes capítulos. El capítulo 4 presenta los avances de las medidas del PROAIRE 2002-2010, el capítulo 5 presenta la evaluación de las reducciones alcanzadas por la aplicación de las estrategias, el capítulo 6 presenta la evaluación de los impactos en la calidad del aire y beneficios a la salud del PROAIRE 2002-2010 y el capítulo 7 contiene la modelación de los escenarios antes y después de la aplicación del programa para evaluar los cambios en la calidad del aire.

## 3.2 INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS.

La OCDE define a un “indicador” como un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área, con un significado que va más allá del directamente asociado con el valor del parámetro en sí mismo

Desde ese punto de vista, aunque el documento del PROAIRE 2002-2010 no define explícitamente los indicadores para la evaluación de las medidas y estrategias, en su diseño muestra las directrices para determinarlos. Estos indicadores se relacionan directamente con los objetivos, acciones a realizar, costos y el programa de instrumentación.

Los indicadores cualitativos propuestos son:

1. Cumplimiento o grado de cumplimiento del o los objetivos.
2. Cumplimiento o grado de cumplimiento de cada acción propuesta.
3. Cumplimiento oportuno del programa de instrumentación.
4. Beneficios no cuantificables. (velocidad de tránsito, información confiable, equipamiento, y oportuna, calidad de vida, etc).

Los indicadores cuantitativos propuestos son:

1. Comparación del costo estimado con el costo de instrumentación.
2. Cuantificación particular de algunas acciones (superficie reforestada, vehículos sustituidos, cursos impartidos, empresas autorreguladas, etc)
3. Cuantificación de las reducciones en la emisión de compuestos contaminantes por las fuentes.

La determinación de los avances y evaluación de cada una de las medidas se presenta en el Capítulo 4. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la información entregada por los grupos es escasa e incompleta, y la mayoría no cuenta ni con los tiempos de realización de las actividades de las medidas, ni con los costos de instrumentación, ni con los datos que permitan estimar cuantitativa o cualitativamente los beneficios. Debido a lo anterior se reunió la información existente para cada una de las medidas utilizando los informes de los grupos en los casos en que los había, informes oficiales gubernamentales del Distrito Federal y del Estado de México, así como informes de algunas dependencias oficiales tanto federales como de ambas entidades; en algunos casos se utilizó información de Internet relacionada con notas periodísticas de entrevistas a funcionarios y boletines oficiales.

Al inicio del capítulo se presenta un listado de las medidas. Para realizar el análisis de cada una de ellas, se utilizó la división por estrategias tal y como se presenta en el documento original del PROAIRE y para realizar la vinculación con los grupos de instrumentación, se le adjudicó una clave a cada medida. En los casos que fue posible la cuantificación de las reducciones se reportó dentro de los beneficios y se emitieron recomendaciones para cada una de las 89 medidas.

### **3.3 EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LAS FUENTES DE EMISIÓN.**

En el capítulo 5 se presenta el análisis numérico de las reducciones alcanzadas (indicador cuantitativo) por la aplicación de las medidas agrupadas en sus estrategias comparándose con las reducciones esperadas. Para llevar a cabo este análisis se realizaron las estimaciones con base a los factores de emisión o a los modelos utilizados en la determinación de los inventarios de emisiones, como es el caso del modelo MOBILE6 que se utilizó para estimar las emisiones de la flota vehicular. Se trabajó en forma estrecha con la Dirección General de Inventarios de Emisiones con quienes se comparó la metodología y los resultados. Es importante mencionar que aunque se contaba con datos que permitían cuantificar algunas reducciones del año 2009, se decidió realizar la estimación de la reducción de emisiones para el 2008 ya que se contaba con las bases completas de dicho año.

Las memorias de cálculo que se usaron para estimar las reducciones en las medidas que las producen en forma directa, se encuentran en los anexos de este documento. En el capítulo 5, para cada estrategia, se realizó una jerarquización de las medidas con base en el indicador relacionado con las reducciones alcanzadas que contribuyeron a la disminución de la contaminación ambiental.

Para las estrategias que no implican reducciones directas o cuantificables de las emisiones, se presenta una evaluación cualitativa de las acciones realizadas y las metas alcanzadas. Así mismo, se formularon recomendaciones para cada una de las medidas que sirven de guía al próximo programa de Calidad del Aire en el sentido de continuarlas, actualizarlas, suspenderlas o replantearlas.

### **3.4 EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE Y CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SALUD ASOCIADOS AL PROAIRE 2002-2010**

El documento original del programa, estableció que durante la aplicación del PROAIRE 2002-2010 debían elaborarse los indicadores de calidad del aire considerando la concentración de los contaminantes, la reducción de los contaminantes en las fuentes, los efectos en la salud y los impactos económicos sociales y económicos. En este sentido, el principal instrumento de vigilancia para evaluar la efectividad del PROAIRE 2002-2010 ha sido el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT), quien ha generado una serie de indicadores basados en las recomendaciones internacionales de la OCDE (<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnindicadores.htm>).

La evaluación de los impactos en la calidad del aire obtenidos con la aplicación del PROAIRE 2002-2010 se realizó con los siguientes indicadores:

1. Indicadores desarrollados por el SIMAT durante el período 2002-2008: tendencias, máximos, mínimos, promedios, eventos extremos y percentiles (90, 75 y 50).
2. Cumplimiento de los objetivos y metas de calidad del aire.

La evaluación de los impactos en la salud obtenidos con la aplicación del PROAIRE 2002-2010 se realizó con los siguientes indicadores:

1. Cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de Salud relacionadas con la calidad del aire.
2. Activación del Programa de Contingencias Ambientales.

3. Cuantificación de la disminución de la mortalidad atribuida a la contaminación atmosférica, determinada por un estudio realizado por el Instituto Nacional de Salud Pública.

Considerando que la aplicación de las estrategias y medidas aplicadas durante el período transcurrido del PROAIRE 2002-2010 deben haberse traducido en una reducción efectiva de los contaminantes atmosféricos, principalmente de ozono y partículas, en el capítulo 6 se presenta la evaluación de la eficacia del PROAIRE 2002-2010 a través del análisis de las tendencias de la calidad del aire durante el período, utilizando todos los indicadores mencionados.

En cuanto a los impactos en la salud, se analizó el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de Salud relacionadas con la calidad del aire, analizando el número de veces que se excedió la norma de los contaminantes prioritarios y de la activación del Programa de Contingencias Ambientales. Así mismo, se presentan algunos resultados de indicadores de morbilidad y mortalidad obtenidos en un estudio realizado para el GDF por el Instituto Nacional de Salud Pública. No fue posible obtener información relacionada con el número de visitas y de hospitalizaciones en eventos de altas concentraciones de contaminantes ambientales, efectos en asmáticos, porcentaje de individuos que disminuyeron su actividad laboral, inversión pública y privada para atender enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, etc., por lo que no fue posible evaluar los beneficios socioeconómicos.

### **3.5 EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AIRE A TRAVÉS DE LA MODELACIÓN DE ESCENARIOS**

Para realizar la modelación de escenarios se utilizó el modelo Multiscale Climatic Chemistry Model (MCCM) el cual se emplea para predecir la distribución temporal y espacial de los contaminantes atmosféricos primarios y secundarios. Este modelo ha sido utilizado frecuentemente por la SMA-GDF para la modelación de escenarios por lo que los inventarios de emisión contienen todos los datos necesarios para su aplicación. El modelo es de multiescala porque puede modelar procesos físicos y químicos a gran escala (miles de kilómetros cuadrados) tanto como a una menor (cientos de kilómetros cuadrados). Además tiene la capacidad de anidamiento múltiple, o sea; puede resolver áreas grandes con resolución fina al anidar los dominios de menor escala en los de gran escala. El MCCM es un modelo que acopla directamente los procesos meteorológicos y químicos, incluye la fase gaseosa deposición, emisiones antropogénicas y naturales, incluye una descripción de los procesos de precipitación y nubosidad.

Se presenta la evaluación en los cambios de la calidad del aire modelando distintos escenarios para estimar los cambios en la calidad del aire a finales del 2008 (base completa de datos) y 2010 (proyectado), tomando como escenario base el 2002. Para estimar los efectos del programa se compararon escenarios de emisiones contaminantes y de calidad del aire de la ZMVM con y sin la instrumentación de las medidas del PROAIRE 2002-2010.

La evaluación se basa en la variación de la concentración ozono, así como en la carga de contaminantes por unidad de tiempo para NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, COT, COV y PM en la ZMVM.

Los escenarios se definieron de la siguiente manera:

Escenario "Base": Está definido por la calidad del aire determinada en el año 2002 y publicada por la SMA-GDF.

Escenario ESC2008: Está definido por la estimación de las emisiones contaminantes y de la calidad del aire modelada para el año 2008 sin la aplicación de las medidas del "PROAIRE 2002-2010".

Escenario ESC2010: Está definido por la estimación de las emisiones contaminantes y de la calidad del aire modelada para el año 2010 sin la aplicación de las medidas del "PROAIRE 2002-2010".

Escenario PB2008: Está definido por la estimación de las emisiones contaminantes y de la calidad del aire modelada para el año 2008 con la aplicación de las medidas del "PROAIRE 2002-2010".

Escenario PB2010: Está definido por la estimación de las emisiones contaminantes y de la calidad del aire modelada para el año 2010 con la aplicación de las medidas del "PROAIRE 2002-2010".

En la Figura 3-1 se puede observar la definición de los escenarios y los beneficios alcanzados.

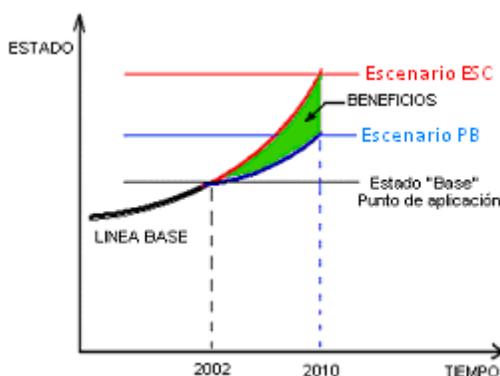


Figura 3.1. Esquematización de escenarios.

Se considera que el inventario real de emisiones 2008 es el resultado de la evolución de las fuentes de emisiones agregado a los efectos de las medidas del PROAIRE instrumentadas en el periodo 2002-2008 por lo que, para este año se constituyó el escenario PB-2008 (con PROAIRE). En consecuencia; el escenario ESC-2008 se obtuvo incrementando, al inventario 2008, las emisiones generadas que resultaron reducidas por las medidas del Programa.

El escenario PB-2010 se obtuvo con base en las flotas vehiculares proyectadas aplicando modelos econométricos de crecimiento del parque vehicular y modelos de retiro en función de la edad de las unidades (Hernández, 2009). Las proyecciones de fuentes de área y puntuales están basadas en variaciones per cápita, prospectivas energéticas y económicas. A partir del diseño del escenario PB-2010 se calculó el escenario ESC-2010 integrando los efectos de las medidas instrumentadas hasta el segundo trimestre del 2009. El dominio abarca las 16 delegaciones y los 18 municipios conurbados contemplados en el PROAIRE 2002-2010.

Como se mencionó, la calidad del aire se modeló para cada escenario de emisiones empleando el modelo fotoquímico MCCM, el cual cuenta con capacidad para determinar concentraciones de ozono en función de variables como las emisiones, la topografía, la meteorología, etc. Para ello, se realizó el análisis en distintas épocas del año de las variables meteorológicas: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. En total se hicieron 5 corridas de modelación de la calidad del aire en el MCCM. Se calcularon diferentes parámetros estadísticos para que funcionaran como criterios de comparación, entre ellos los análisis por estación, los cambios máximos, promedios globales y análisis de superficies de interpolación para concentraciones de ozono. En el capítulo 7 se presenta con mayor detalle la información sobre la modelación de los escenarios.

Con el fin de apreciar en forma visual las diferencias en las concentraciones de ozono y  $PM_{10}$  en los escenarios 2008 y 2010 comparados con el año 2002, se utilizó el método geoestadístico Kriging de

interpolación espacial para realizar la substracción de los escenarios 2008 y 2010 con y sin la aplicación del PROAIRE, con lo cual es posible observar visiblemente la diferencia que habría en las concentraciones de los contaminantes si no se hubieran aplicado las medidas del PROAIRE 2002-2010.

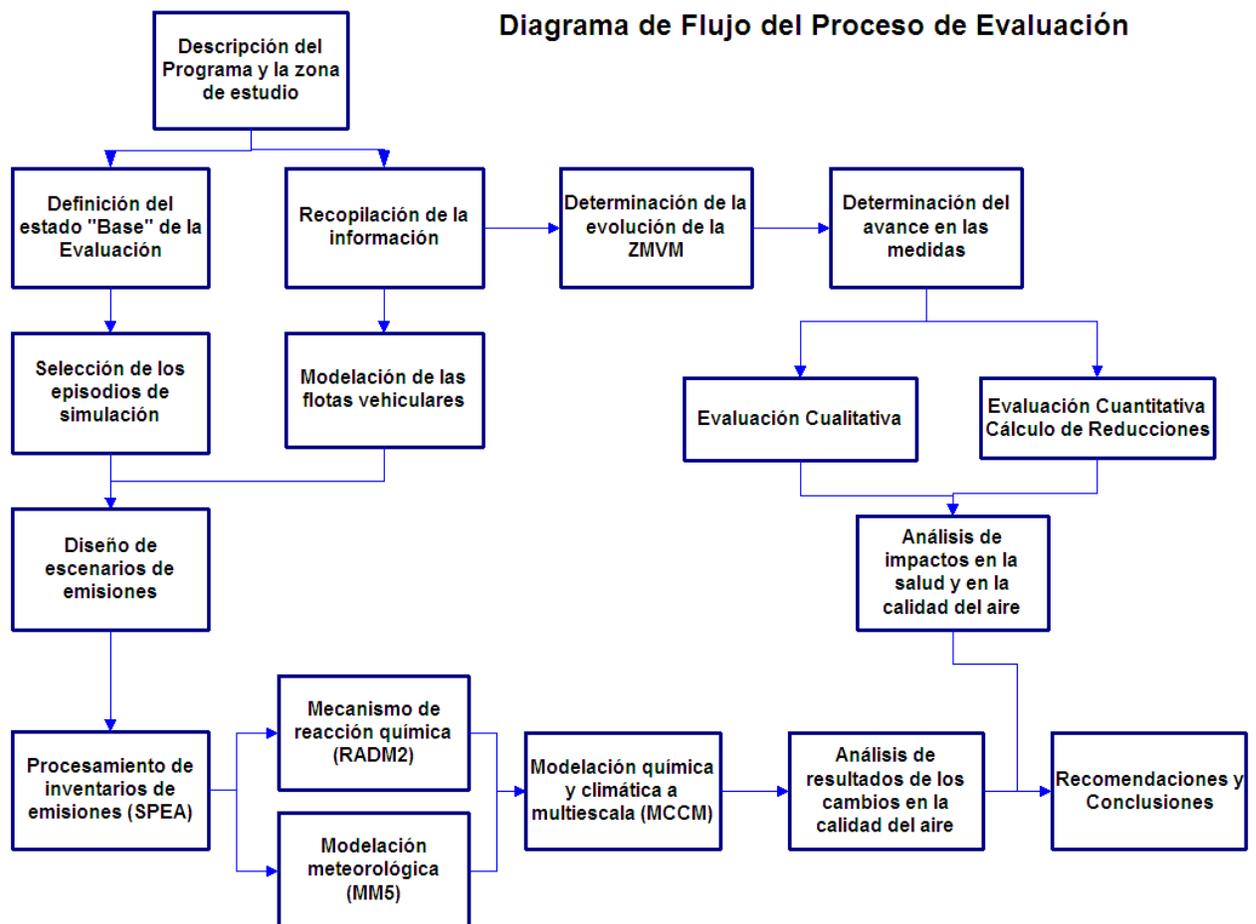


Figura 3.2. Diagrama de flujo del proceso de evaluación

### 3.6 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2002. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE 2002-2010). México.
- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2004. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010. Informe Ejecutivo de Avances 2002-2003. México.
- DOCE. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. 2001. DIRECTIVA 2001/42/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. 27 de junio de 2001. L 197/30.
- Forkel, R., & García, A. 2003. Manual del Multiscale Climatic Chemistry Model (MCCM). México.
- Hernández, A. 2009. Tesis: Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios. México.
- INE. Instituto Nacional de Ecología. 2004. Segundo almanaque de datos de tendencias de calidad del aire en seis ciudades mexicanas. México.
- Municio, P. (1992). La evaluación segmentada de programas. *Bordón*, 43 (4), 375-395.
- OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2003. Evaluación del Desempeño Ambiental de México. París.
- OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2007. La Evaluación Ambiental Estratégica. Una guía de buenas prácticas en la cooperación para el desarrollo. U.S.A.
- OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2008. Conducting Sustainability Assessments. París.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2005. Indicadores básicos del desempeño ambiental en México.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. La Gestión Ambiental en México.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. La calidad del aire de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1986-2006.
- SMA-GDF. 2004. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Indicadores de la Calidad del Aire. 23 de diciembre de 2009. <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnindicadores.htm>
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2004.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2008, preliminar.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2008. Dirección de Monitoreo Atmosférico. Informe de la Calidad del Aire en el Valle de México.
- UNECE. United Nations Economic Commission to Europe, 2007. Resource Manual to Support Application of the UNECE Protocol on Strategic Environmental Assessment (SEA).

# 4

## AVANCES EN LA APLICACIÓN DE LAS MEDIDAS DEL PROAIRE 2002-2010

En este capítulo se presenta el análisis detallado del avance de cada una de las medidas. Para su identificación se asignó una clave a cada una de ellas. La letra G corresponde al Grupo. El primer número representa el grupo de trabajo al que fue asignada la medida (Cuadro 1.4), el segundo número es el número de la medida en dicho grupo. Posteriormente las letras representan el sector o estrategia original del programa y el último número el orden de la medida en dicho sector o estrategia.



&: T= transporte, I=Industria,

Para cada medida se realizó la investigación con las diferentes dependencias responsables y consultando algunos documentos escritos y páginas de Internet oficiales. Debido a la escasez de la información principalmente en lo relacionado a tiempos y costos no fue posible realizar el seguimiento de los programas previstos para la instrumentación de las medidas, por lo que el análisis se suscribió a los avances realizados para cada medida, los beneficios que implicaron, cuantificándose en los casos que aplicaba y se emitieron recomendaciones.

El Cuadro 4.1 presenta el listado de las medidas, con sus claves y el estado de avance que tiene cada una de ellas hasta diciembre de 2009.

Cuadro 4.1 Resumen de Avance de Medidas

T: Terminada, C: En curso, D: Detenida.

#	Clave	Medidas Vehículos y Transportes	Avance		
			T	C	D
1	G8-1-PT1	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina			
2	G7-1-PT2	Reducción contenido de azufre en gasolina 50 ppm			
3	G4-1-PT3	Mejoramiento continuo del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio			
4	G4-2-PT4	Modernización y actualización del programa hoy no circula			
5	G4-3-PT5	Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes. PIREC			
6	G4-3-PT6	Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (retrofit)			
7	G4-5-PT7	Programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes			
8	G6-1-PT8	Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad (taxis)			
9	G6-2-PT9	Sustitución del transporte pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad			
10	G8-2-PT10	Establecimiento de disposiciones normativas y mecanismos de control para evitar la introducción de vehículos importados fuera de especificaciones ambientales.			
11	G4-6-PT11	Diseño e instrumentación de un programa de prueba de aditivos y dispositivos anticontaminantes incluyendo un protocolo de pruebas y procedimientos administrativos.			
12	G8-3-PT12	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel			
13	G7-2-PT13	Reducción del contenido de azufre en el diesel			
14	G4-7-PT14	Actualización del programa de verificación de vehículos a diesel a nivel federal y homologación con los Estados Unidos de América y Canadá.			
15	G4-8-PT15	Instrumentar un programa de sustitución de motores y trenes motrices de vehículos a diesel y/o retroadaptación de sistemas de control de emisiones.			
16	G4-9-PT16	Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel			
17	G6-3-PT17	Diseño, evaluación y/o ejecución de proyectos piloto demostrativos.			
18	G7-3-PT18	Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (GNC)			
19	G6-4-PT19	Introducción de vehículos eléctricos			
20	G3-1-PT20	Establecimiento de corredores de transporte			
21	G6-5-PT21	Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado			
22	G6-6-PT22	Renovación de autobuses (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE)			

23	G6-12-PT23	Renovación de la flota de transporte de carga local			
24	G6-13-PT24	Regulación del horario de circulación para los vehículos de carga.			
25	G6-15-PT25	Expansión del metro			
26	G6-16-PT26	Establecimiento de una red de trenes suburbanos			
27	G6-17-PT27	Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero			
28	G6-7-PT28	Localización de taxis en bases			
29	G6-8-PT29	Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM.			
30	G6-9-PT30	Fomento del uso de combustibles alternativos en el sistema de transporte público de pasajeros			
31	G6-10-PT31	Implantación del registro estatal del transporte público.			
32	G6-14-PT32	Programa integral para el transporte público de carga.			
33	G6-11-PT33	Promoción de rutas directas o express, locales y metropolitanas.			
34	G3-2-PT34	Modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano.			
35	G3-3-PT35	Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM.			
36	G3-4-PT36	Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM			
37	G3-5-PT37	Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana			
38	G3-1-PT38	Gestión y coordinación para mejorar la construcción y modernización de los paraderos de la ZMVM.			
<b>Medidas Industria</b>					
1	G1-1-I1	Reconversión energética en la industria			
2	G1-2-I2	Control de emisiones contaminantes en el sector industrial			
3	G1-3-I3	Instrumentación de programas de producción más limpia			
4	G1-4-I4	Consolidación del sistema integrado de regulación de la industria (SIRG).			
5	G1-5-I5	Fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria.			
6	G1-6-I6	Fortalecer las actividades de inspección y vigilancia en la industria.			
7	G7-6-I7	Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM			
<b>Medidas Servicios</b>					
1	G1-7-S1	Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco			
2	G1-8-S2	Mecanismos de autorregulación y mejoramiento de la gestión ambiental en pequeños y medianos establecimientos.			
3	G1-9-S3	Capacitación en prácticas eficientes de combustión en establecimientos comerciales y de servicios que cuenten con calderas.			
4	G7-4-S4	Reducción de emisiones por fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM			
5	G1-10-S5	Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio			

6	G1-11-S6	Regulación de las actividades de extracción en bancos de materiales pétreos no consolidados.			
7	G8-4-S7	Lineamientos del uso de combustibles y la operación de hornos artesanales para la fabricación de tabique.			
8	G7-5-S8	Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles			
9	G1-12-S9	Promover y desarrollar instrumentos económicos de fomento ambiental para los establecimientos industriales y de servicios en la ZMVM.			
		<b>Medidas Recursos Naturales</b>			
1	G2-1-RN1	Instrumentación de programas de ordenamiento ecológico.			
2	G2-2-RN2	Refuerzo de los instrumentos legales en materia de uso del suelo.			
3	G2-3-RN3	Control y ordenamiento de los asentamientos humanos.			
4	G2-4-RN4	Contención del crecimiento de la mancha urbana en el área rural de la ZMVM.			
5	G2-5-RN5	Proteger, inspeccionar y vigilar los recursos naturales.			
6	G2-6-RN6	Mejorar la prevención y combate de incendios forestales.			
7	G2-7-RN7	Inversión ambiental para la vigilancia social del suelo del área rural de la ZMVM, mediante el pago compensatorio por servicios ambientales.			
8	G2-8-RN8	Monitoreo del estado de conservación de los recursos naturales en la ZMVM.			
9	G2-9-RN9	Manejo de áreas naturales protegidas.			
10	G2-10-RN10	Programa de recuperación de hábitat a través de la plantación de especies adecuadas.			
11	G2-11-RN11	Saneamiento y restauración de recursos naturales.			
12	G2-12-RN12	Recuperación, restauración, conservación y ampliación de las áreas verdes urbanas de la ZMVM.			
13	G2-13-RN13	Programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable.			
14	G2-14-RN14	Programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable.			
15	G2-15-RN15	Programa de recuperación de suelos erosionados en la cuenca oriental del Valle de México.			
		<b>Medidas Salud</b>			
1	G10-1-PS1	Modernización y actualización del programa de contingencias ambientales atmosféricas (PCAA).			
2	G10-2-PS2	Medidas particulares para reducir la exposición de la población a la contaminación del aire.			
3	G10-7-PS3	Percepción social y comunicación de riesgos.			
4	G10-3-PS4	Actualización de la evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud.			
5	G10-4-PS5	Vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica.			
6	G8-5-PPS6	Creación y revisión de normas de calidad del aire.			
7	G10-5-PS7	Investigación de efectos de la contaminación atmosférica en la salud en la ZMVM.			
8	G10-6-PS8	Efectos en la salud asociados con fuentes puntuales de emisión de contaminantes.			
		<b>Medidas Educación</b>			
1	G5-1-EA1	Subprograma de educación ambiental formal.			
2	G5-2-EA2	Subprograma de educación ambiental no formal.			
3	G5-3-EA3	Subprograma de información, formación y capacitación			

		ambiental.			
4	G5-4-EA4	Subprograma de comunicación y difusión educativa ambiental.			
		<b>Medidas Fortalecimiento</b>			
1	G1-13-FI1	Elaborar la caracterización y diagnóstico de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, ubicados en la ZMVM.			
2	G1-14-FI2	Integración de un comité metropolitano de evaluación y seguimiento de nuevas tecnologías para el control de emisiones atmosféricas.			
3	G8-6-FI3	Elaborar los reglamentos de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles.			
4	G11-1-FI4	Actualización del inventario de emisiones.			
5	G9-1-FI5	Reactivación del fideicomiso ambiental del Valle de México.			
6	G11-2-FI6	Modernización de la red automática de monitoreo atmosférico.			
7	G1-15-FI7	Fortalecimiento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes en la ZMVM.			
8	G11-3-FI8	Investigación de la calidad del aire en el Valle de México 2002-2010.			

## 4.1 MEDIDAS DE TRANSPORTE, VIALIDAD Y CONTROL VEHICULAR

Clave: G8-1-PT1
-----------------

Medida terminada
------------------

### 1. ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE LÍMITES DE EMISIÓN MÁS EstrictOS PARA VEHÍCULOS NUEVOS A GASOLINA.

Grupo de trabajo responsable: 8-Normatividad.

#### Objetivo

Inducir la introducción de vehículos a gasolina menos contaminantes a través de normas más estrictas, para reducir las emisiones de HC, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y CO.

#### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SHCP, SE, PROFEPA, PEMEX, AMIA, CAM.

#### Actividades realizadas

El 7 de septiembre del 2005 se publicó la norma NOM-042-SEMARNAT-2003 en sustitución de la NOM-042-SEMARNAT-1999. El cambio está dirigido a los vehículos nuevos a gasolina que se comercializan en México, en esta norma se estableció que a partir de diciembre del 2005 estos vehículos debían cumplir con límites de emisión similares a los definidos por el programa TIER-2 de Estados Unidos, los cuales eran en promedio 50% menores a los vigentes en México. Este cambio debió ajustarse al cumplimiento de las acciones de mejora de combustibles necesaria para la operación de vehículos con mejor tecnología (ver medida clave G7-1-PT2).

El 13 de septiembre de 2007 se publicó la NOM-045-SEMARNAT-2006 para vehículos a diesel, en sustitución de la NOM-045-SEMARNAT-1996. Así mismo, el 12 de octubre del 2006 se publicó la norma NOM-044-SEMARNAT-2006 dirigida a vehículos nuevos a diesel, en sustitución de la NOM-044-SEMARNAT-1993 y la NOM-077-SEMARNAT-1995.

Por otra parte, se realizaron modificaciones a la norma que establece los límites máximos permitidos de emisiones contaminantes provenientes de vehículos a gasolina en circulación de tal manera que el 6 de marzo del 2007 se publicó la NOM-041-SEMARNAT-2006 que sustituyó a la NOM-041-SEMARNAT-1999. Esta norma entró en vigor el 2 de julio del 2007 y repercutió en el número de vehículos que no pasan la verificación en su primer intento (Cuadro 4.1). Los efectos se mencionan en la medida relativa a las modificaciones al programa de verificación vehicular (ver medida clave G4-1-PT3).

Cuadro 4.2. Instrumentación de la medida G8-1-PT1

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Revisión y actualización de la NOM-042-ECOL-1999				Dic				
Reducción del contenido de azufre en la gasolina Premium					Oct			
Entrada de la tecnología TIER-2								
Revisión y actualización de la NOM-041-ECOL-1999					Oct	Jul		

## Beneficios

La incorporación de mejores tecnologías en los vehículos nuevos significará un beneficio cada vez mayor en la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera. Se estima que bajo esta nueva norma se incorporaron 281 mil vehículos nuevos durante el 2007, 239 mil durante el 2008, 277 mil en el 2009, y se pronostica 312 mil durante el 2010. En total, se estima que para fines del 2010 se haya alcanzado un beneficio de 17 929 toneladas de contaminantes no emitidos a la atmósfera en cuatro años (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.3. Reducción en las emisiones debidas a la medida G8-1-PT1

Reducción de emisiones (ton/año)				
Año	CO	NOx	HCNM	Total
2007	245	934	529	1 707
2008	562	1 870	1 048	3 480
2009	950	2 805	1 559	5 314
2010	1 350	3 909	2 169	7 428
TOTAL	3 106	9 518	5 305	17 929

## Recomendaciones

Iniciar las gestiones que promuevan la entrada de tecnologías menos contaminantes (híbridos por ejemplo) en vehículos a gasolina. Hacer lo propio respecto a los límites de emisión provenientes del escape de motocicletas (NOM-048-SEMARNAT-1993) ya que actualmente sus factores de emisión se equiparan a los de automóviles.

Clave: G7-1-PT2

Medida en curso

## 2. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE AZUFRE EN LA GASOLINA A 30 PPM.

Grupo de trabajo responsable: 7-Energía.

### Objetivo

Mejorar las características de las gasolinas en México para permitir la introducción de normatividad TIER II en vehículos nuevos.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SHCP, SE, PROFEPA, PEMEX, AMIA, CAM.

### Actividades realizadas

El 30 de enero del 2006 se publicó la actualización a la norma NOM-086-SEMARNAT-SENSER-SCFI-2006 en la cual se establecen las características fisicoquímicas que deben tener las gasolinas que se distribuyan en la Zona Metropolitana del Valle de México así como las fechas en que inicia su comercialización. Se estableció de manera precisa que el contenido promedio de azufre en peso debe ser de 30 ppm y que la gasolina PEMEX Premium iniciaría su comercialización a partir del mes de octubre del 2006 en tanto la gasolina PEMEX Magna a partir de enero de 2008 (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.4. Gasolinas distribuidas en la ZMVM

Características de gasolinas distribuidas en la ZMVM		
Periodo	Contenido de Azufre (ppm)	
	Premium	Magna
Anterior a Oct-2006	85	310
Oct-2006 y posterior	30	310
Densidad	0.734	0.730

A la fecha sólo la gasolina PEMEX Premium se está comercializando con el contenido de azufre que establece la NOM-086-SEMARNAT-SENSER-SCFI-2006 y la gasolina PEMEX Magna comercializada en la ZMVM aún no cumple con el contenido de azufre establecido en dicha norma. Esta situación aunada a la coyuntura económica por la que atraviesa el mundo ha generado una tendencia al desuso de la gasolina Premium, ya que mientras en el 2006 las ventas de gasolina Premium representaban el 13.6%, en el 2008 solo alcanzaron el 9.9%.

### Beneficios

Hasta fines del 2009, se estima que la incorporación de gasolina de bajo azufre ha significado una reducción entre 50 y 82 ton/año de SO<sub>2</sub> lo que representa 1.9% de las emisiones de óxidos de azufre provenientes de la actividad vehicular (cuadro 4.4). Por otra parte la formación de sulfatos en partículas debido a las emisiones de compuestos de azufre han tenido reducciones entre 3 y 6 ton/año (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Reducción en las emisiones de SO<sub>2</sub> debidas a la medida G7-1-PT2

Reducción de emisiones de SO <sub>2</sub> (ton/año)			
AÑO	DF	EM	Total
2007	56.2	26.4	82.6
2008	41.8	19.6	61.4
2009	35.4	16.6	52.1
2010	36.8	17.2	54.0

DF: Distrito Federal, EM: Estado de México

Cuadro 4.6. Reducción en las emisiones de sulfatos debidas a la medida G7-1-PT2

Reducción de azufre como sulfatos en PM <sub>10</sub> (ton/año)			
AÑO	DF	EM	Total
2007	3.8	1.8	5.6
2008	2.8	1.3	4.1
2009	2.4	1.1	3.5
2010	2.5	1.2	3.6

DF: Distrito Federal, EM: Estado de México

## Recomendaciones

Exigir a Petróleos Mexicanos el cumplimiento de suministrar gasolina PEMEX Magna con el contenido de azufre que establece la norma, ya que la presencia de este elemento en los combustibles no solamente tiene como consecuencia la emisión de compuestos de azufre a la atmósfera, sino que también impide la introducción de tecnologías más avanzadas en el control de otros contaminantes.

Clave: G4-1-PT3

Medida terminada

### 3. MEJORAMIENTO CONTINUO DEL PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR OBLIGATORIA.

Grupo de trabajo responsable: 4-Control Vehicular.

#### Objetivo

Asegurar que los vehículos en circulación cumplan con la misma normatividad en materia de emisiones, partiendo de procedimientos, criterios de certificación y seguimiento similares de los centros de verificación autorizados en la ZMVM.

#### Instituciones Involucradas

CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, ININ, CENAM, SETRAVI, SCT-GEMEX.

#### Actividades realizadas

En el periodo 2002-2003. Se invirtieron poco más de 10.5 millones de pesos del Fideicomiso Ambiental en la implementación de un sistema automatizado para el control de los verificentros que permitiese asegurar la validez y probidad de las pruebas del sistema de información de verificación vehicular (SIVEV) lo cual tuvo como consecuencia la obtención de la certificación ISO-9000-2000 en el 2003. Adicionalmente el Estado de México, con recursos por 3.4 millones de pesos del Fideicomiso Ambiental, fortaleció sus capacidades técnicas de inspección mediante la adquisición de equipos de medición, cómputo y software. En 2002 se estableció un valor de lambda, que impide que vehículos a carburación manipulados aprueben la verificación, así mismo desde el segundo semestre de este año, se aplica un algoritmo en los equipos de verificación que permite identificar convertidores catalíticos en mal estado.

En el periodo 2004-2005. Se inicia la evaluación de equipos de verificación por el ININ y el CENAM. La modernización de los equipos de verificación integra un elemento de seguridad que impide la manipulación de los analizadores, alcanzando un 85% de avance.

El 27 de octubre de 2006, fue firmado en el seno de la CAM el "Convenio de diferenciación en el otorgamiento del holograma "00" en función de los niveles de emisión y rendimiento de combustible en vehículos nuevos a gasolina. Se actualizaron las especificaciones técnicas de los equipos de verificación vehicular, así mismo dos empresas concluyeron su revisión en los laboratorios de las Instituciones que participan en este proceso (CENAM e ININ). En el mes de febrero del 2007, quedó instalada la base de datos en los verificentros del Distrito Federal que define: 46 submarcas que pueden obtener "00" hasta por 3 ocasiones, 184 hasta por 2 ocasiones, 261 por una ocasión y 76 que no alcanzan el "0". En el mes de julio del 2007, empezaron a operar 68 centros de verificación con nuevo software, los cuales ofrecen el servicio bajo los nuevos parámetros de la norma NOM-041-SEMARNAT-2006, con el objetivo de establecer controles más estrictos y lograr un mejor desempeño de los vehículos que circulan en la zona metropolitana.

En el periodo 2008-2009. Los gobiernos del Distrito Federal y el Estado de México acuerdan homologar los programas de verificación vehicular y se incluyen mediante convenios los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, Morelos, Jalisco y Veracruz. "En la Trigésimo Novena Sesión Ordinaria del Comité Técnico del Fideicomiso 1490 llevada a cabo el 11 de junio del 2009, se autorizó el apoyo, con recursos del patrimonio del Fideicomiso, para llevar a cabo el proyecto denominado "Auditoría al Programa de Verificación Vehicular" (Cuadro 4.6).

En el 2009, las autoridades del Gobierno del Distrito Federal acordaron con los propietarios de los centros de verificación la necesidad de realizar una renovación total de los equipos de verificación vehicular. En estos nuevos equipos el software es libre y fue desarrollado por la autoridad con el propósito de que los equipos sean más seguros y con ello reducir las verificaciones fraudulentas.

Cuadro 4.7. Instrumentación de la medida G4-1-PT3

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Organización de los grupos de trabajo								
Certificación de los equipo de verificación								
Incorporación de los parámetros de la NOM-041-SEMARNAT-2006								
Homologación de los programas de verificación								
Mejoramiento continuo del programa de verificación vehicular								

## Beneficios

Los programas de verificación vehicular han fomentado la incorporación de vehículos de tecnología de punta en cuanto a sistemas de control de emisiones en fechas anticipadas a lo programado en las normas oficiales mexicanas e incluso en la mejora de los programas de verificación en otros estados del país, lo cual ha incrementado la credibilidad de la opinión pública sobre este programa. La incorporación de los parámetros de la norma NOM-041-SEMARNAT-2006 en los equipos de verificación ocasionó que, estimativamente, poco más de 300 mil vehículos fueran rechazados en su primer intento durante el 2008 (un número semejante se pronostica para el 2010) obligando a tomar acciones de mantenimiento para cumplir con los nuevos estándares. La reducción de emisiones en el 2008 fue de 97 249 ton/año (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.8. Reducción en las emisiones debidas a la medida G4-1-PT3

Caso	CO	NOx	HCT	CH <sub>4</sub>	COV
Antes	738 391	66 129	40 209	1 729	37 837
Después	653 974	63 819	34 905	1 501	32 846
Diferencia	84 416	2 310	5 304	228	4 991

## Recomendaciones

Mantener el proceso de mejora continua del programa de verificación vehicular, sobre todo aumentar los esfuerzos por inducir la verificación del transporte de carga local y federal. Además, revisar la posibilidad de reducir los costos de los servicios de verificación para incentivar la acción, reducir la corrupción y privilegiar el alcance del objetivo de aumentar el porcentaje de vehículos con mantenimiento preventivo. La homologación de los programas de verificación por parte de otros estados del país redundará en la reducción de emisiones vehiculares a la atmósfera con un beneficio regional y en un futuro con un beneficio nacional.

Clave: G4-2-PT4

Medida terminada

#### 4. MODERNIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA HOY NO CIRCULA COMO INCENTIVO PARA LA RENOVACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR.

Grupo de trabajo responsable: 4-Control Vehicular.

##### Objetivo

Acelerar la renovación del parque vehicular que circula en la ZMVM, restringiendo la circulación de vehículos altamente contaminantes.

##### Instituciones Involucradas

SMA-GDF, SMA-GEMEX, SETRAVI, SCT-GEMEX y CAM

##### Actividades realizadas

En el de 2004 se modificó el programa Hoy No Circula (HNC) empleando la edad del vehículo como criterio de restricción (Cuadro 4.8). Se fijó un límite de edad de 10 años de antigüedad para vehículos particulares, taxis con no más de 4 años de antigüedad y vehículos a diesel hasta con 8 años de antigüedad para la exención al programa (holograma "0").

En el año 2007 se da la posibilidad de que los automóviles con mejor tecnología de control de emisiones puedan obtener hasta 3 veces consecutivas el holograma "00". El objetivo de la modificación consistió en ampliar y diferenciar el esquema vigente de otorgamiento del holograma "00", para exentar de la verificación vehicular de emisiones se considera el nivel de emisiones y el rendimiento de combustible, cuya combinación establece cuatro categorías de automóviles nuevos a gasolina, con opción a quedar exentos del Programa de Verificación vehicular obligatoria por 2, 4 ó 6 años, refrendando el holograma "00" cada 2 años. En este año se instala la base de datos en los verificentros.

En marzo del 2008 los gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal acuerdan implementar algunas medidas como; reducir la edad máxima a 8 años para obtener el holograma "0", la realización de operativos de detección de vehículos ostensiblemente contaminantes, la incorporación de la Restricción Vehicular Sabatina (RVS), la auditoría de los programas de verificación y reforzar la verificación del transporte de carga. También en dicha modificación fue importante la regulación de la entrada de vehículos emplacados en otras entidades del país diferentes al Estado de México, al Distrito Federal y otras entidades con las cuales se tienen convenios de homologación del programa de verificación, los cuales si no tienen holograma cero deberán entrar a la ZMVM después de las 11 horas.

El 5 de julio de 2008 entraron en vigor seis medidas para reducir la emisión de contaminantes provenientes de vehículos, también se tomaron medidas para aumentar la movilidad y el espacio vial, así como disminuir el consumo de combustible y el tiempo de traslados:

Cuadro 4.9. Instrumentación de la medida G4-2-PT4

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN									
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
Modificación del programa Hoy No Circula							Mar		
Operativos de detección de vehículos ostensiblemente contaminantes									
Restricción de circulación a vehículos foráneos.									
Integración del holograma 1 y 2 y modificación para el otorgamiento del holograma 00									
Restricción Vehicular Sabatina							Jul		
Auditoría de los programas de verificación									
Reforzamiento de la verificación del transporte de carga									

## Beneficios

En el 2004 se incorporaron a la restricción vehicular 135 000 vehículos, en el 2005 fueron 22 000, en el 2006, 45 000, en el 2007, 52 000 y en el 2008 y 2009 con la disminución de dos años en el período para obtener el holograma "0" han dejado de circular un día de la semana 40 000 vehículos.

Las modificaciones al programa HNC incorporaron más de 250 000 vehículos a su acción, los cuales representan el 5.8% del parque vehicular y amortigua el crecimiento que se dio entre el 2007 y el 2008 (5.9%). Con RVS se estima que cada sábado dejan de circular poco más de 350 000 vehículos logrando una reducción de aproximadamente 67 mil toneladas de contaminantes durante el 2008 y se proyecta que este volumen se incremente con el paso de los años aunque no se consideran nuevas medidas para promover el retiro de los vehículos más antiguos. En total la reducción de emisiones contaminantes por los programas HNC y la RVS representaron alrededor de 80 000 ton/año (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.10. Reducción en las emisiones debidas a la medida G4-2-PT4

Reducción de emisiones totales (ton/año)									
Año	CO	NOx	COT	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	TOTAL
2008	64 483	4 757	5 752	5 335	115	83	121	84	80 728
2010	355 008	21 757	31 000	28 740	423	291	484	359	438 062

## Recomendaciones

Uno de los objetivos del programa HNC es promover la renovación del parque vehicular, sin embargo los estudios demuestran que el programa no tiene efectos significativos sobre las ventas automotrices y que estas dependen principalmente de la situación económica de la población. En consecuencia, algunas flotas vehiculares continúan envejeciéndose gradualmente año con año (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.11. Edad promedio de los vehículos ZMVM

Edad promedio (años)									
Año	A.Particular	Taxi	Combi	Microbús	Pick up	Veh. < 3ton	Trailer	Autobús	Veh. > 3ton
2002	9.9	7.0	12.3	11.0	11.1	12.5	13.5	8.1	11.2
2004	9.8	5.8	11.5	12.6	12.7	13.0	13.9	8.5	11.7
2006	9.8	6.4	12.0	14.0	13.0	13.4	14.6	9.4	12.4
2008	9.9	6.2	11.0	15.3	12.9	14.8	15.2	10.0	13.0

Se recomienda estudiar mecanismos más efectivos y eficientes para promover el retiro de vehículos viejos con el objetivo de contener el crecimiento y envejecimiento del parque vehicular. Se recomienda llevar a cabo estudios sobre el crecimiento del mercado de vehículos usados de más de 8 años y el

incremento de vehículos extranjeros sin control vehicular que podrían tener efectos no deseados en el programa HNC.

Clave: G4-3-PT5
Medida en curso

## 5. REDISEÑO DEL PROGRAMA INTEGRAL DE REDUCCIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Modificar el Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes (PIREC) para que el cambio de convertidores catalíticos se realice con base en el nivel de emisiones vehiculares

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SE, SMA-GDF, SMA-GEMEX, CAM, talleres PIREC, verificentros y fabricantes de convertidores catalíticos

### Actividades realizadas

Desde el año 1993 se introdujo el convertidor catalítico y el sistema de inyección electrónica en todas las unidades nuevas de vehículos a gasolina para que pudieran cumplir los niveles de emisión de contaminantes. Sin embargo, considerando que los convertidores catalíticos tienen desgaste como consecuencia del uso en los motores de combustión, se estableció el PIREC en 1999 con el objetivo de fomentar la sustitución de los convertidores catalíticos dañados. Desde el segundo semestre de 1999 se estableció en el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria el cambio del convertidor catalítico en los vehículos modelo 1993-1995 para que se les pudiera otorgar el holograma "0".

Con el inicio del PROAIRE 2002-2010, el esquema se modificó en el segundo semestre del 2002 obligando a la sustitución del convertidor catalítico cuando hubiera evidencia de mal funcionamiento, lo cual se determina en los Centros de Verificación utilizando un algoritmo que evalúa su eficiencia.

Aunado a lo anterior, se inició un programa para certificar a fabricantes, importadores y distribuidores de convertidores catalíticos los cuales deben garantizar la reducción de emisiones mediante una eficiencia mínima de conversión.

Así mismo, los convertidores catalíticos deben cumplir con especificaciones precisas de durabilidad y masa de metales preciosos. Los talleres de diagnóstico y reparación, así como los talleres que instalan los dispositivos deben certificarse y cumplir con una infraestructura mínima entregando los dispositivos dañados a empresas dedicadas a la destrucción o disposición de los convertidores catalíticos. En 2005 se hicieron adecuaciones para incluir a los vehículos particulares 1999 y las unidades de uso intensivo modelo 1999 a 2003.

## Beneficios

La sustitución de alrededor de 290 000 convertidores catalíticos permitió la reducción de más de 125 000 ton entre enero del 2002 y noviembre del 2008 (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.12. Sustitución de convertidores

Año	Convertidores sustituidos
2002	25 968
2003	60 837
2004	38 915
2005	52 956
2006	49 974
2007	37 333
2008	25 426
Julio 2009	20 766
Total	312 175

Las reducciones más importantes fueron en emisiones de CO y NOx (Cuadro 4.12).

Cuadro 4.13. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G4-3-PT5

Reducciones por contaminante						
Tipo de vehículo	CO	NOx	HCT	*CH <sub>4</sub>	COV	Total
Sin convertidor	103 883	17 359	12 375	532	11 644	133 616
Con convertidor	8 121	1 493	887	38	834	10 501
Diferencia	95 763	15 865	11 488	494	10 810	123 115

\* Incluidas en los HCT

## Recomendaciones

Esta medida debe ser de carácter permanente ya que ha motivado a los automovilistas al adecuado mantenimiento de vehículos y convertidores catalíticos. El sistema de vigilancia a los talleres y centros de verificación debe renovarse continuamente para evitar acciones de corrupción.

Clave: G4-4-PT6

Medida cancelada

## 6. ADAPTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES A VEHÍCULOS NO EQUIPADOS DESDE FÁBRICA (RETROFIT)

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Mejorar el desempeño ambiental de los vehículos en circulación, para reducir las emisiones de HC, NOx y CO.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, empresas instaladoras y fabricantes de sistemas de conversión.

### Actividades realizadas

El diseño de esta medida tuvo como objetivo impulsar que los vehículos en circulación modelos 1986-1992 que no contaran con convertidor catalítico ni sistema de inyección electrónica pudieran incorporar un Sistema de Circuito Cerrado con Convertidor Catalítico de 3 Vías (Retrofit). En el 2005 la SEMARNAT realizó una evaluación de dicho sistema, estimando que los vehículos con sistema de carburación podrían reducir las emisiones de: CO (45.5%), HC (33.64%) y NOx (51.29%), con un pequeño incremento en la emisión del dióxido de carbono (0.88%) y una pérdida de la potencia del vehículo del 25%. El costo estimado de instalación y adquisición fue de \$6 500.00 por vehículo. La SMA-GDF realizó otro estudio que coincidió con el de SEMARNAT y se concluyó que el costo-beneficio de esta medida era muy bajo por lo que no se promovió.

### Recomendaciones

Actualmente el número de vehículos con Sistema de Dosificación de Combustible de Carburador es relativamente pequeño y continuará disminuyendo por la dificultad que les representa cumplir con los programas de verificación y porque están sujetos al holograma "2" del programa Hoy no Circula lo cual es un incentivo para sustituirlos, es por ello que la incorporación de este sistema de control es inviable económicamente salvo para algunos automóviles clásicos, por lo que el impulso de esta medida sería de muy bajo impacto.

Clave: G4-5-PT7

Medida en curso

## 7. REDISEÑO DEL PROGRAMA DE DETECCIÓN Y RETIRO DE VEHÍCULOS OSTENSIBLEMENTE CONTAMINANTES Y UNIDADES SIN VERIFICAR.

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Instrumentar un Programa de aplicación de infracciones a los vehículos ostensiblemente contaminantes, a través de brigadas instaladas en sitios móviles de revisión en las principales vialidades de la ZMVM.

### Instituciones Involucradas

SCT, DGSPT-GEMEX, SMA-GEMEX, SMA-GDF, SSP-GDF y autoridades municipales.

### Actividades realizadas

El Programa de Vehículos Contaminantes y Unidades sin Verificar (PVC) se integró en el año 1996 al Programa de Verificación Vehicular Obligatoria y tiene como principal objetivo detectar y sancionar a propietarios de vehículos que exceden los límites de contaminantes establecidos en las normas oficiales mexicanas, así como aquellos que circulan sin verificar y a los que portan hologramas falsos o robados.

La Dirección General de Regulación y Vigilancia Ambiental, mediante la Unidad Departamental de Supervisión Vehicular, es la facultada para detener y sancionar a los vehículos de combustión interna que circulan en el Distrito Federal emitiendo de forma ostensible humo negro o azul, sin importar el tipo de combustible utilizado o su procedencia. La revisión se realiza con base en las normas oficiales mexicanas NOM-047-SEMARNAT-1999 y NOM-077-SEMARNAT-1995.

Al inicio del PROAIRE 2002-2010 el programa operó con 10 patrullas ecológicas y 22 ecoguardas que trabajaron en coordinación con el agrupamiento femenino de la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal

En el año 2005 se obtuvo financiamiento del Fondo Ambiental del Distrito Federal con el cual se contrató una empresa para realizar la emisión de vehículos a diesel de 20 nuevas unidades con instrumentos, técnicos y ecoguardas para operar el sistema. Esta medida ocasionó que en los años 2005 a 2007 se tuviera el mayor número de sanciones registradas, posteriormente se volvió a estabilizar el número de sanciones anuales (Cuadro 4.13).

A principios del 2009 se adquirieron 30 patrullas nuevas para operar con un sistema de alta tecnología en la inspección y vigilancia, para que en todo momento exista la intercomunicación comunicación con las patrullas a través de un sistema de enlace remoto que permite controlar y vigilar la operación de las mismas y evitar posibles actos de corrupción. La operación del programa estará a cargo de dos empresas especializadas en la materia. Ambas realizarán estudios en las zonas en que predomina la circulación de vehículos de carga y de transporte público, a fin de fijar los sitios en donde deberán operar los dispositivos de vigilancia.

Se obtuvieron diez millones de pesos del Fideicomiso 685 denominado "Fondo Metropolitano del Valle de México con los cuales se adquirirá un Sistema de Medición Remota con Unidad Móvil para desarrollar estudios de detección de vehículos con altas emisiones sin tener la necesidad de detenerlos. Esta

tecnología será de gran utilidad para detectar emisiones de vehículos de otras entidades o con placas extranjeras.

Cuadro 4.14. Sanciones realizadas a vehículos ostensiblemente contaminantes

INSPECCION Y VIGILANCIA EN EL D.F.								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Oct. 2009
No. de sanciones a vehículos ostensiblemente contaminantes	9 893	9 751	12 716	21 560	45 156	27 386	15 500	10 192

## Beneficios

Este programa ha sido uno de los factores relevantes en revertir los niveles de concentraciones ambientales de los contaminantes en la ciudad y en darle seguridad, tanto a los propietarios de vehículos como a las autoridades gubernamentales, de que se está aplicando la normatividad de manera adecuada y justa.

Por esta acción se han dejado de emitir más de 149 000 ton a la atmósfera en el período considerado (Cuadro 4.14) puesto que los automovilistas han optado por dar mantenimiento a sus vehículos o sustituirlos.

Cuadro 4.15. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G4-5-PT7

Reducción de emisiones debida a vehículos sancionados							
Combustible	CO	NOx	HCT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	TOTAL
Diesel	103 207	1 652	5 926	255	5 576	57	116 674
Gasolina	9 880	12 439	4 313	185	4 059	1 457	32 334
Total	113 087	14 091	10 240	440	9 635	1 515	149 008

## Comentarios

Debido al cumplimiento de acuerdos realizados en el Tratado de Libre Comercio, en el año 2004 se incrementó el ingreso de automóviles usados de procedencia extranjera los cuales aunque se han establecido permanentemente en el territorio nacional, no se encuentran registrados en el padrón vehicular por lo que no cumplen con la verificación vehicular.

## Recomendaciones

Este programa debe ser permanente y extenderse a aquellos vehículos con placas del extranjero que no cuentan con ningún registro de verificación, ya que muchos de ellos no solamente circulan durante un corto tiempo sino que lo hacen en forma permanente en la ZMVM. Para ello deberá diseñarse una estrategia agresiva encaminada a registrar a este tipo de vehículos para que sean incluidos en el programa de verificación vehicular. Así mismo, se requiere que la CAM solicite a la SHCP la implementación de los requerimientos ambientales que deben cumplir los automóviles usados que ingresen al país de forma permanente.

Clave: G6-1-PT8

Medida en curso

## 8. RENOVACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR DE TRANSPORTE DE PASAJEROS DE BAJA CAPACIDAD.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Reducir las emisiones generadas por los taxis que circulan en el Distrito Federal.

### Instituciones Involucradas

SMA-GDF, SETRAVI, SDE-GDF, Instituto del TAXI.

### Actividades realizadas

Para apoyar la medida se constituyó como fideicomiso en Nacional Financiera, S.N.C., el Fondo de Promoción para el Financiamiento del Transporte Público. Desde agosto de 2001 al año 2009 en el Distrito Federal fueron sustituidos 47 042 taxis (de 80 mil proyectados) mediante un esquema de apoyo económico de 15 mil pesos a cambio de la chatarrización de la unidad, bajo convenios con el Banorte y Banco Azteca.

Sin embargo, la renovación de la flota de taxis también fue promovida mediante modificaciones realizadas al Reglamento de Transporte Público de Taxis del Distrito Federal, especialmente en que los taxis no podrán tener una antigüedad mayor a 10 años (Cuadro 4.15).

Cuadro 4.16. Instrumentación de la medida G6-1-PT8

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Diseño de esquemas de financiamiento								
Sustitución de taxis								

### Beneficios

Los incentivos económicos han promovido una reducción de emisiones aproximada de 168 000 toneladas durante el 2008 que se espera se incremente un 50% para el 2010 (Cuadro 4.16). Por otro lado; se logró que la edad promedio de la flota de taxis del Distrito Federal se redujera de 6.9 a 5.8 años.

Cuadro 4.17. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G6-1-PT8

Reducción de emisiones asociada a la renovación de taxis (ton/año)										
Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Total
2008	138 974	3 942	12 903	555	12 141	38	20	-47	58	168 583
2010	213 404	5 810	18 611	800	17 513	46	24	-58	69	256 219

-Valores negativos significan aumentos en las emisiones.

### Recomendaciones

Los cambios al Reglamento de Transporte Público de Taxis del Distrito Federal han sido los principales promotores de la sustitución de taxis por lo que se recomienda instrumentar los mismos cambios en el Estado de México así como redoblar los esfuerzos de actualización del inventario de estas unidades.

Clave: G6-2-PT9

Medida en curso

## 9. SUSTITUCIÓN DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS DE MEDIANA CAPACIDAD POR VEHÍCULOS NUEVOS DE ALTA CAPACIDAD.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Garantizar que los vehículos que prestan el servicio de transporte urbano en el Distrito Federal reúnan las características básicas de calidad, comodidad, seguridad y bajas emisiones de contaminantes.

### Instituciones Involucradas

SMA-GDF, SETRAVI, SDE-GDF.

### Actividades realizadas

En la Gaceta Oficial del Distrito Federal (22 de diciembre del 2004) se establecieron los lineamientos generales para la sustitución de unidades y la actualización del padrón de vehículos del transporte público.

El Programa de Sustitución de Microbuses por Autobuses Nuevos ha permitido, en la actual gestión (2006-2009), la incorporación de 3 mil 567 autobuses nuevos con tecnología de bajo impacto ambiental (de 16 mil proyectado), esto se ha logrado tanto con apoyos gubernamentales, como por el propio esfuerzo de los concesionarios. Como ejemplo en Reforma fueron sustituidos 369 colectivos por 150 autobuses con tecnología Euro IV de baja emisión de contaminantes.

De los 3,567 autobuses nuevos se estima una reducción aproximadamente de 19,867 ton/año de contaminantes. Se informó que a partir de 2008 todas las unidades tendrán que cumplir estrictamente con las condiciones tecnológicas y ecológicas tipo EPA 04 y EURO IV.

Sin embargo, aún con estas acciones, la edad promedio de la flota de microbuses se ha incrementado de 11.0 a 15.3 años, ya que sigue siendo el medio de transporte público más utilizado (Figura 4.1).

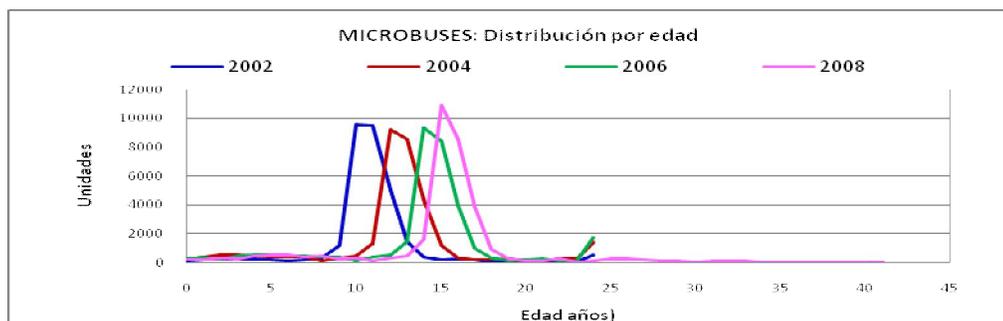


Figura 4.1. Edad promedio de la flota de microbuses en los últimos años

## Beneficios

Una vez concretada la chatarrización de los microbuses sustituidos se confirmará la reducción de alrededor de 26 mil toneladas de contaminantes durante el 2008, principalmente de CO e hidrocarburos, aunque se ha presentado un ligero incremento de las emisiones de SO<sub>2</sub>, NOX y partículas por el uso de diesel. La proyección de esta medida al 2010 muestra que podría obtenerse reducciones de casi el triple que en 2008 de continuar la tendencia de sustitución (Cuadro 4.17). Es importante considerar que la medida cumple además con el objetivo de proveer unidades de transporte seguro, digno y eficiente.

Cuadro 4.18. Reducción de emisiones contaminantes debidas a la medida G6-1-PT9

Reducción de emisiones asociadas a la aplicación de la medida (ton/año).										
Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Total
2008	24 688	-245	1 413	60	1 293	-125	-99	9	-6	26 987
2010	65 447	-650	3 745	159	3 428	-333	-262	23	-15	71 543

Valores negativos significan aumentos en las emisiones debidos al uso de diesel.

## Recomendaciones

Se recomienda concretar las acciones de chatarrización para asegurar una reducción en las emisiones contaminantes. El hecho de que la edad promedio de la flota de microbuses se haya incrementado muestra la necesidad de que se aceleren las acciones de sustitución y la urgencia de que esta medida se lleve a cabo también en el Estado de México. Así mismo, se recomienda definir una edad máxima para prestar el servicio.

Clave: G8-2-PT10

Medida detenida

## 10. ESTABLECIMIENTO DE DISPOSICIONES NORMATIVAS Y MECANISMOS DE CONTROL PARA EVITAR LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS IMPORTADOS FUERA DE ESPECIFICACIONES AMBIENTALES.

Grupo de trabajo responsable: 8-Normatividad.

### Objetivo

Asegurar que los autos usados originarios de Estados Unidos y Canadá que se comercialicen en la ZMVM cumplan con la normatividad vigente relativa a la emisión de contaminantes.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SHCP, SE, CAM.

### Actividades realizadas

A partir del año 2004 y como parte del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, fue posible importar autos nuevos originarios de Estados Unidos o Canadá que cumplieren con las normas oficiales mexicanas NOM-042-SEMARNAT-1999 y la NOM-079-SEMARNAT-1994, pagando los impuestos correspondientes.

El 1° de febrero de 2008 se publicó el decreto por el cual se establecen las condiciones para la importación definitiva de vehículos automotores usados. Este decreto limita la importación definitiva de vehículos automotores usados a aquéllos cuyo año-modelo sea de diez años anteriores a aquél en que se realice la importación.

La importación de vehículos usados con antigüedad mayor a 10 años, inició en enero de 2009, para lo cual las autoridades federales determinaron como requisito presentar un certificado de origen del vehículo a ser importado con lo que resulta prácticamente imposible de cumplir en el caso de un auto chatarra.

### Beneficios

En mayo de 2009, la Asociación de Agencias Aduanales indicó que la importación de vehículos usados cayó un 99%, al pasar de 1 200 000 vehículos a tan sólo 300 autos en lo que va de este año, debido a los requisitos del gobierno federal, ya que el certificado de origen es entregado por las armadoras sólo a vehículos nuevos no a los que tienen 10 años de antigüedad.

### Recomendaciones

Aunque la medida de solicitar el certificado de origen ha reducido la importación de vehículos extranjeros, la mayoría de los automóviles usados de procedencia extranjera que circulan en forma permanente en la ZMVM no han regularizado sus placas y no cumplen con los requisitos de verificación vehicular por lo que es necesario implementar un programa de vigilancia y regularización para estas unidades.

Clave: G4-6-PT11

Medida en curso

## 11. DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE PRUEBA DE ADITIVOS Y DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES INCLUYENDO UN PROTOCOLO DE PRUEBAS Y PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Definir un protocolo de pruebas consistente y confiable para evaluar cualquier tipo de aditivo y/o dispositivo que reduzca la emisión de contaminantes por vehículos en circulación.

### Instituciones Involucradas

CAM, CONAE, IPN, UNAM, UAM, IMP.

### Actividades realizadas

El 30 de enero del 2006 se publica en el Diario Oficial de la Federación, la norma NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 que refuerza el marco regulatorio para la utilización de aditivos y combustibles no especificados, donde el promotor antes de comercializarlos deberá proporcionar a las autoridades ambientales y de salud información completa que permita evaluar las ventajas ambientales del producto y demostrar, que por su uso no se afectarán los sistemas de control de los vehículos, ni se producirá ningún efecto nocivo a la salud de la población.

La SMA-DF, cuenta con el procedimiento para la prueba y certificación de aditivos y dispositivos anticontaminantes, el cual se inicia con una solicitud del promotor a la SMA para promover su tecnología anticontaminante. Cuando el promotor no presenta pruebas que avalen el funcionamiento adecuado bajo las condiciones particulares del Distrito Federal, se realizan pruebas indicativas en verificentros, con y sin aditivo (dispositivo) de acuerdo al protocolo, con la finalidad de constatar las bondades de la tecnología, asimismo, se sugiere al promotor realizar pruebas en laboratorios especializados de certificación ambiental. En el Distrito Federal se han evaluado aditivos, dispositivos anticontaminantes, pastillas ecológicas y dispositivos magnéticos, sin embargo, ninguna de las tecnologías ha demostrado en forma satisfactoria la reducción de contaminantes.

### Beneficios

Actualmente se cuenta con un marco normativo federal que establece la prueba y certificación de aditivos, aunque no para dispositivos anticontaminantes. En el Distrito Federal se estableció el procedimiento administrativo para probar y certificar aditivos y dispositivos anticontaminantes, de manera que los usuarios potenciales tengan la certidumbre, de que el producto cumplirá las especificaciones.

### Recomendaciones

Es importante normalizar a nivel federal o al menos en la ZMVM los métodos de prueba y certificación para los dispositivos anticontaminantes.

Clave: G8-3-PT12

Medida en curso

## 12. ESTABLECIMIENTO Y APLICACIÓN DE LÍMITES DE EMISIÓN MÁS ESTRINGENTES PARA VEHÍCULOS NUEVOS A DIESEL.

Grupo de trabajo responsable: 8-Normatividad.

### Objetivo

Introducir vehículos nuevos a diesel con menores niveles de generación de contaminantes, en especial para reducir las emisiones de NOx y PM10.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SE, SENER, SCT, CAM, PROFEPA, ANPACT y PEMEX.

### Actividades realizadas

En febrero del 2003 se publicó un acuerdo por el cual se dan a conocer criterios de carácter ambiental, para la importación definitiva a la República Mexicana de vehículos automotores nuevos equipados con motor a diesel, con peso bruto vehicular mayor a 3 857 kilogramos, así como motores a diesel que se utilicen en vehículos con las mismas características. En este acuerdo se considera que México es importador de motores y vehículos automotores que utilizan diesel como combustible, con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos, que por sus características de buen desempeño ambiental se han considerado adecuados para prestar servicios de arrastre, y servicios para el transporte de pasajeros intra e interurbano.

El 12 de octubre de 2006 se publicó la norma NOM-044-SEMARNAT-2006 que establece límites máximos de emisión más estringentes (similares a las normas EPA 2004 y EURO IV) del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible.

El 13 de septiembre de 2007 se publicó la NORMA Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006 donde quedan fusionadas la NOM-045-SEMARNAT-2004 sobre los niveles de opacidad de humo de los vehículos a diesel en circulación y su procedimiento de verificación, con la NOM-077-ECOL-1995 sobre el procedimiento de medición de las emisiones.

### Recomendaciones

Se prevé que estos niveles sean similares a los que establecen las normas EPA 2004 y EURO III, sin embargo, no se han podido aplicar los nuevos límites máximos permisibles de emisión previstos en la norma debido a que a la fecha no hay disponibilidad del diesel de bajo azufre con contenido de un máximo de 15 ppm de azufre que se requiere para el cumplimiento de la norma, por lo que es indispensable exigir a Petróleos el Cumplimiento del compromiso de distribuir dicho combustible.

Clave: G7-2-PT13

Medida en curso

### 13. REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE AZUFRE EN EL DIESEL.

Grupo de trabajo responsable: 7-Energía.

#### Objetivo

Mejorar las características del diesel para permitir la incorporación de sistemas avanzados de control de emisiones que reduzcan las emisiones de NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> y SO<sub>2</sub> en unidades nuevas.

#### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SE, PEMEX, SCT, CAM, PROFEPA, ANPACT.

#### Actividades realizadas

Se revisó y actualizó la NOM-086-ECOL-1994 y el 30 de enero de 2006 se publicó la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 que establece que el diesel que se distribuya en la Zona Metropolitana del Valle de México, a partir de enero del 2009, deberá contener un valor promedio de azufre de 15 ppm.

Con la disminución del contenido de azufre además de la reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub>, se reducirán las emisiones de partículas y disminución en las emisiones de CO y HC. Además con la distribución y comercialización de este diesel de bajo contenido de azufre permitirá incorporar en algunos vehículos convertidores catalíticos para la reducción de NO<sub>x</sub>. Esta medida está en espera de que PEMEX ponga a la venta el combustible especificado en la fecha que se indica en dicha norma.

A finales del año 2008, PEMEX entregó diesel de bajo azufre para las flotas del metrobús. Se introdujeron a la línea 1 del Metrobús 12 autobuses biarticulados que utilizan diariamente 2,280 litros de diesel con un contenido de azufre de 15 ppm.

#### Recomendaciones

Es necesario exigir el cumplimiento a Petróleos Mexicanos referente a la distribución del diesel de bajo azufre.

Clave: G4-7-PT14

Medida en curso

## 14. ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE VERIFICACIÓN DE VEHÍCULOS A DIESEL A NIVEL FEDERAL Y HOMOLOGACIÓN CON LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA Y CANADÁ

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Reducir las emisiones de los vehículos a diesel en circulación a través de la actualización de los límites de emisión, del procedimiento de verificación y de los mecanismos de aseguramiento de calidad

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SE, PEMEX, SCT, CAM, PROFEPA, ANPACT.

### Actividades realizadas

El 3 de noviembre del 2006 se publicó en el Diario Oficial de la Federación DOF, el acuerdo por el cual se establece que se reconocen como válidos para efectos de demostrar el cumplimiento de lo dispuesto por las normas mexicanas NOM-041-1999 y NOM-045-SEMARNAT-1996, los certificados o constancias emitidos conforme a las regulaciones y procedimientos de los Estados Unidos de América y Canadá, para efectos de la importación definitiva o temporal de vehículos a nuestro país. Este acuerdo no exceptúa del cumplimiento de las obligaciones establecidas por las entidades federativas en materia de verificación vehicular.

El 11 de septiembre del 2006 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Convocatoria para obtener acreditación y aprobación de unidades de verificación de emisiones contaminantes que generan los vehículos de autotransporte federal en donde se apliquen las normas oficiales mexicanas en materia de emisiones contaminantes NOM-041-SEMARNAT-1999 y NOM-045-SEMARNAT-1996. Con la publicación de dicha convocatoria los Centros Móviles de Verificación Federal, deben transformarse en Centros Fijos previa acreditación de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA).

En las actividades del PROAIRE 2002-2010 se planteó la actualización de la NOM-077-ECOL-1995 que establece el método de prueba y el equipo para determinar la opacidad de los vehículos a diesel, ya que dicho método establecía la aceleración libre como método de prueba y utilizaba equipos de flujo parcial que no representa una operación real del motor; así mismo también se previó la actualización de la NOM-045-ECOL-1996 relativa a los límites de emisión.

El 13 de septiembre de 2007 se publicó la NOM-045-SEMARNAT-2006, para los vehículos en circulación que usan diesel como combustible. Se establecieron los límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. En esta norma se tuvo que desarrollar la actualización del procedimiento de medición (tomando como base la metodología empleada por la SAE-J 1667 de los Estados Unidos de América), y en forma consensuada se determinó incorporar algunos conceptos que se especifican en la Directiva 2003/27/CE de la Unión Europea, de esta forma se adoptó la técnica de aceleración instantánea de "Ralentí a Corte de Gobernador" la cual resulta ser superior por múltiples motivos a la de aceleración libre y sobre todo de fácil aplicación. Al contener esta norma el método de prueba, se derogó la NOM-077-ECOL-1995.

Aunque desde el 23 de septiembre de 2009 se otorga el holograma "0" a los vehículos a diesel, se sigue aplicando la NOM-045-SEMARNAT-1996 debido a que las entidades no cuentan con la información

suficiente para la aplicación de la norma de diesel en los centros de verificación. El Distrito Federal ha solicitado a la SEMARNAT más información para aplicar la nueva norma.

### Beneficios

Los beneficios que representa la aplicación de esta medida se reflejarán principalmente en la reducción de partículas e hidrocarburos. Por otra parte la emisión de CO<sub>2</sub> de un vehículo a diesel es aproximadamente un 30% menor que de un vehículo a gasolina.

### Recomendaciones

Debe terminarse el proceso para que sea posible llevar a cabo el procedimiento de prueba en los centros de verificación para el cumplimiento de la norma NOM-045-SEMARNAT-2006.

Es indispensable la distribución del diesel ultra bajo azufre UBA para que sea posible la entrada de vehículos a diesel menos contaminantes.

Es necesario continuar el proceso de homologación de las normas mexicanas con las de Estados Unidos de América, Canadá y Europa, lo cual solo podrá realizarse cuando se cuente en todo el país con diesel de bajo azufre que es indispensable para el buen funcionamiento de los motores.

Clave: G4-8-PT15

Medida detenida

## 15. INSTRUMENTAR UN PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE MOTORES Y TRENES MOTRICES DE VEHÍCULOS A DIESEL Y/O RETROADAPTACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Reducir las emisiones de la flota vehicular a diesel mediante la incorporación de sistemas de control de emisiones a los vehículos en circulación y/o la sustitución de motores y trenes motrices.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SCT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SCT, CAM, propietarios de vehículos.

### Actividades realizadas

En mayo del 2004 la Ciudad de México fue seleccionada por la EPA y el WRI (World resources Institute) como sede del primer proyecto "Retrofit" para Autobuses Urbanos a Diesel en el país. La coordinación estuvo a cargo del Centro para el Transporte Sustentable (CTS). El objetivo fue probar la viabilidad y eficacia de dispositivos retroadaptados en vehículos pesados a diesel para reducir las emisiones contaminantes. A mediados de 2004 la RTP puso a disposición del proyecto 20 unidades (8 con inyección mecánica y 12 con inyección electrónica) a las que se les retroadaptaron filtros de partículas (DPF) y convertidores catalíticos (DOC) certificados por la EPA, siendo el combustible consumido diesel de ultrabajo azufre (UBA) a fin de analizar: costos y efectividad. En forma simultánea la CTS y los proveedores de los dispositivos impartieron un programa de capacitación a 40 trabajadores de RTP.

Los resultados mostraron que es factible reducir hasta en un 90% las emisiones de partículas en autobuses a diesel con inyección electrónica y combustible de ultrabajo azufre. Aplicando este esquema en la flota a diesel de la Cd. de México podría reducirse en un 60% la concentración de partículas finas en la atmósfera. La mayor inversión está en la adquisición de los equipos, cuya vida útil es de 10 años, si se cuenta con diesel de bajo azufre. Los vehículos con inyección mecánica a diesel aún con estos filtros y convertidores no alcanzan el nivel de emisiones que aquellos de inyección electrónica sin retrofit y usando diesel convencional, por lo que resulta más factible la renovación hacia vehículos de inyección electrónica que puedan ser retroadaptados.

### Beneficios

Las unidades modelo AYCO mostraron reducciones de al menos 90% CO, de 86 a 92% de partículas y de 11 a 16% de NOx. Mientras que las unidades Mercedes Benz (R-100) tuvieron reducciones del 40 al 70% de CO, de 10 a 23% de partículas y de 4 a 14% de NOx.

### Recomendaciones

El control de emisiones en vehículos pesados debe ser una acción prioritaria en la reducción de emisiones. Para poder ampliar un sistema de transporte público de bajas emisiones es indispensable la distribución del diesel ultra bajo azufre UBA. Sin embargo para la RTP a pesar de los grandes beneficios en materia ambiental que tendría la instalación de esta tecnología en todas las unidades del organismo, todavía es inviable por el factor presupuesto y por la ausencia en México de combustible de bajo azufre.

Clave: G4-9-PT16
Medida en curso

## 16. REVISIÓN Y REFORZAMIENTO DEL PROGRAMA DE AUTORREGULACIÓN DE VEHÍCULOS A DIESEL

Grupo de trabajo responsable: 4-Control vehicular.

### Objetivo

Promover la autorregulación de los vehículos diesel tanto de placas federales como locales para el aseguramiento de bajos niveles de emisión de contaminantes generados por estos vehículos.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SCT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SCT, CAM, propietarios de vehículos.

### Actividades realizadas

El Programa de autorregulación de vehículos a diesel iniciado hace más de una década consiste en un Convenio de carácter voluntario entre los Gobiernos del Distrito Federal y Estado de México con empresas con transporte de carga público o particular, siendo el compromiso la observancia voluntaria de niveles de emisión de opacidad 40% menores a los establecidos en la norma oficial mexicana correspondiente. Los vehículos que cumplen con los niveles requeridos obtienen un dispositivo visual fácilmente identificable y son exentados de la restricción vehicular y pueden circular todos los días del año.

En el convenio de Autorregulación 2007-2008 se estableció que las empresas inscritas en el mismo debían medir el coeficiente de absorción de luz utilizando el método establecido en la actual norma NOM-045-SEMARNAT-2006, lo que permitió generar una base de datos que sirvió como base para determinar el nuevo límite de emisión para otorgar el holograma cero en verificentros. A septiembre de 2009 se tienen 19 empresas mercantiles inscritas en el programa con un total de 2 761 automotores y 7 rutas de transporte público con 1 773 vehículos (Cuadro 4.18).

Cuadro 4.19. Autorregulación de vehículos a diesel

Año	Unidades autorreguladas
2002	3 791
2003	4 471
2004	5 004
2005	4 408
2006	4 751
2007	4 649
2008	4 495
Oct 2009	4 534

## Beneficios

El parque autorregulado actualmente presenta un promedio de opacidad de  $0.37 \text{ m}^{-1}$ , es decir 65% por debajo de lo establecido en la Norma. Esto equivale aproximadamente a una reducción anual de alrededor de 7 000 toneladas de contaminantes (Cuadro 4.19).

Cuadro 4.20. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G4-9-PT16

Vehículo	CO	NOX	HCT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	Total
Autobuses	2 413	2 118	806	35	758	202	6 332
V>3 ton	312	126	99	4	93	29	662
Total	2 725	2 244	904	39	851	232	6 994

## Recomendaciones

El parque vehicular a diesel es de más de 20 000 unidades por lo que es necesario extender la cobertura y difusión de este programa.

Clave: G6-3-PT17
Medida terminada

## 17. DISEÑO, EVALUACIÓN Y/O EJECUCIÓN DE PROYECTOS PILOTO DEMOSTRATIVOS.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Evaluar el desempeño en condiciones reales de operación de los vehículos en circulación con tecnologías opcionales en el control de emisiones de contaminantes para la ZMVM.

### Instituciones Involucradas

SMA-GDF, SMA-GEMEX, CONAE, RTP, STE, PEMEX, CAM, ANPACT.

### Actividades realizadas

Dentro del "Programa para la Introducción de Medidas Ambientalmente Amigables en Transporte", la llamada Componente 3 correspondiente a "Pruebas de Tecnologías de Autobuses", consistió en una serie de pruebas comparativas para autobuses que utilizan diferentes combustibles y tipos de motores (Híbridos, Gas Natural Comprimido (GNC) y Diesel) y los vehículos normales; para probar las ventajas técnicas, económicas, ambientales y de clima bajo la operación en condiciones de la ZMVM. Estas pruebas se realizaron en el periodo 2003-2005 en el corredor Insurgentes y tuvieron como objetivo realizar la medición de emisiones vehiculares, en condiciones de altitud de la Ciudad de México mediante el uso de dinamómetro de chasis y equipo portátil de medición de emisiones a autobuses equipados con las siguientes tecnologías: diesel convencional, diesel de bajo contenido de azufre, gas natural comprimido e híbrido (diesel - eléctrico).



Figura 4.2. Corredor Insurgentes para las pruebas de campo.  
Imagen: SMA-GDF

Cuadro 4.21. Instrumentación medida G6-3-PT17

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Estudio y análisis de un corredor para vehículos con diferentes tecnologías dentro del Distrito Federal								
Prueba piloto de vehículos con diferentes tecnologías de menor emisión de contaminantes								

### Beneficios

Quedó establecido un corredor para pruebas de campo de vehículos. Aún cuando el tamaño de la muestra de vehículos analizados no logró ser suficientemente grande para considerarse estadísticamente representativa, las pruebas realizadas permitieron realizar observaciones importantes entre las que se encontró que:

1. El uso de diesel UBA y filtros de partículas en vehículos EURO IV permite reducir de manera importante las emisiones de partículas.
2. Si bien puede reducir las emisiones contaminantes, el consumo de GNC resulta más costoso.
3. Las emisiones de NOx en ruta real son mayores a las certificadas por la prueba de dinamómetro.

### Recomendaciones

Elaborar un protocolo para el diseño de experimentos y pruebas de alternativas tecnológicas de transporte y combustibles que asegure la representatividad de los resultados. Elaborar un estudio único de referencia que funcione como guía para la selección de tecnologías y combustibles.

Clave: G7-3-PT18

Medida en curso

## 18. EXPANSIÓN DE LA RED DE ESTACIONES DE RECARGA DE GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC).

Grupo de trabajo responsable: 7-Energía.

### Objetivo

Incrementar la infraestructura para la recarga de gas natural comprimido en la ZMVM, con la finalidad de satisfacer la demanda de la flota vehicular que utiliza este combustible.

### Instituciones Involucradas

SENER, CAM, SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SDUOP-GEMEX, SEDUVI, PEMEX y distribuidores de gas natural.

### Actividades realizadas

El desarrollo de la infraestructura necesaria para las estaciones de recarga de GNC tiene problemas en cuanto a terrenos disponibles y uso de suelo, por ello, la SMA-GDF, en conjunto con PEMEX y el INE, analizaron la viabilidad para instalar estaciones de servicio duales gasolina-GNC, para ello se firmó en noviembre de 2002 un Convenio General de Colaboración Científica y Tecnológica que enmarcó los trabajos realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo para la definición de las especificaciones y medidas de seguridad para la construcción y operación de gasolineras duales.

En el año 2005 se instalaron dos estaciones más de servicio, una en el Estado de México que ya cuenta con dos estaciones de GNC y otra en el Distrito Federal que ahora cuenta con dos estaciones de servicio ubicadas en las delegaciones Álvaro Obregón y Venustiano Carranza.

A la fecha el proyecto no se ha desarrollado, las empresas privadas no han encontrado el incentivo suficiente para la instalación y operación de estas estaciones.

Clave: G6-4-PT19

Medida en curso

## 19. INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Disminuir las emisiones de contaminantes provenientes de los vehículos en circulación en la ZMVM con la introducción de vehículos de emisión cero.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SHCP, SE, SMA-GDF, SMA-GEMEX, CFE, CAM y AMIA.

### Actividades realizadas

El Corredor "Cero Emisiones" se inauguró el 1° de agosto de 2009 a lo largo del Eje Central Lázaro Cárdenas (36 km), desde la Central de Autobuses del Sur en Taxqueña hasta la Central del Norte, con el objetivo de contar con una vialidad con categoría "cero emisiones" para el transporte público y de proporcionar un servicio en forma exclusiva mediante 120 trolebuses renovados que operan a intervalos de 2.5 minutos, con alto nivel de fiabilidad y con paradas fijas. En su primera etapa salieron de circulación 337 microbuses y se reubicaron 60 autobuses de la Red de Transportes de Pasajeros (RTP). En la segunda etapa dejaron de circular 432 microbuses y el transporte de carga no circula por esta vía.

En cuanto a vehículos eléctricos de uso particular, el Gobierno del Distrito Federal y la Alianza Renault-Nissan firmaron a finales de Octubre de 2009 un acuerdo a través del cual se introducirán vehículos eléctricos en la capital del país para su comercialización entre particulares y contempla que a finales del año 2011 haya en la ciudad 500 vehículos eléctricos disponibles para su venta.

### Beneficios

Los alcances de esta medida establecidos originalmente en el PROAIRE 2002-2010 consideraban únicamente las etapas de planeación, investigación y promoción, sin embargo; el trabajo de planeación encontró posible su implantación, lo cual trajo como resultado la introducción formal de los vehículos eléctricos en corredores estratégicos de transporte de pasajeros, así como la reducción de 293 ton/año de emisiones contaminantes que se alcanzan con el retiro definitivo de 869 microbuses (Cuadro 2.21).

Los autobuses y el transporte de carga únicamente cambiaron de ruta. El corredor de transporte público beneficia a 130 mil personas diariamente, con un tiempo de recorrido de dos horas desde Taxqueña hasta la Terminal de Autobuses del Norte.

Cuadro 4.22. Reducción en la emisión de contaminantes por el corredor "Cero Emisiones" de la medida G6-4-PT19

Reducción de emisiones (ton/año).						
PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	Total
0.13	0.08	238	24	24	7	293

## Recomendaciones

Concretar la chatarrización del resto de los microbuses que dejaron de circular por el corredor "Cero emisiones" para evitar que se incorporen en otras rutas (aproximadamente 1 280 unidades).

Implementar otros corredores similares con introducción de transporte eléctrico.

Procurar la implementación de este tipo de proyectos en los municipios conurbados del Estado de México

Clave: G3-1-PT20

Medida en curso

## 20. ESTABLECIMIENTO DE CORREDORES DE TRANSPORTE.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

### Objetivo

Promover la sustitución intermodal en el sector transporte hacia el uso eficiente del sistema masivo de transporte público, a través de la organización de corredores exclusivos de autobuses urbanos que permitan una integración ágil y eficiente del sistema metro con zonas periféricas, y que sean usuarias de otros modos de transporte.

### Instituciones Involucradas.

SETRAVI, SMA-GDF, SCT-EM, SMA-GEMEX, SOS-GDF, SDUOP-GEMEX, CAM.

### Actividades realizadas.

En el Distrito Federal se realizaron seis estudios para el diagnóstico de la infraestructura vial y la operación del transporte BRT por sus siglas en inglés (bus rapid transit) en una extensión aproximada de 165 kilómetros en corredores potenciales, lo que permitió la configuración de una red de corredores de transporte público de pasajeros a implantarse en el corto plazo en el marco del Sistema Metrobús.

En junio de 2005, inició operaciones la primera línea del Metrobús de la Ciudad de México en la Avenida de los Insurgentes en un tramo de 19 kilómetros, con 36 estaciones desde Indios Verdes hasta San Ángel. Los 352 microbuses y autobuses que operaban en esa avenida (262 vehículos de la Ruta 2 y 90 de RTP) se retiraron de Insurgentes y se reemplazaron por 80 vehículos articulados. Se chatarrizaron 180 microbuses de la Ruta 2. Hasta el mes de enero del 2006 el sistema contaba con 97 autobuses.

El 31 de mayo de 2007 inició la construcción de la ampliación de nueve kilómetros del Metrobús de Insurgentes, en la ruta Dr. Gálvez-El Caminero la cual inició su operación en 2008. Esta ruta aumentó la oferta del servicio en 36 unidades. Se dio a conocer que se incorporarían 18 nuevas unidades biarticuladas del Metrobús al corredor Insurgentes para atender a los 275 mil usuarios por día existentes y satisfacer el impacto de transportación que requieren los más de 72 mil pasajeros que se estima trae la puesta en marcha del Tren Suburbano, para lo cual se construirá la estación de Buenavista II y un puente peatonal circular sobre dicha avenida y Eje 1 Norte.

En diciembre de 2008 se inauguró la Línea 2 del Metrobús con un recorrido de 18.7 km, con la operación de 65 metrobuses, las autoridades capitalinas dieron a conocer que dentro de este medio de transporte operarán tres rutas, desde Tepalcates hasta Tacubaya, de Tepalcates a Coyuya, y de Tepalcates al Polifórum. Así mismo inició la chatarrización de 310 microbuses que circulaban sobre el Eje 4 Sur.

La inversión total entre flota e infraestructura del Metrobús es cerca de 2 mil 350 millones de pesos.

Se encuentra en proceso de licitación la línea 3, cuyo recorrido será por Calzada Vallejo-Guerrero-Bucareli-Cuauhtémoc desde Tenayuca hasta cruce con Eje 4 sur-Etiopía. El 19 de marzo de 2008, se suscribió el Convenio de participación para el Corredor Vial Periférico (Toreo-Canal de Garay). El 30 de abril de 2008 se celebró el convenio de participación para el Corredor Vial Basílica de Guadalupe – Kilómetro 13.5 de la Carretera Federal México-Toluca, llamado Corredor Reforma. Sustituyendo así 369 microbuses obsoletos por 173 unidades nuevas. El 31 de julio de 2009 se firmó el convenio en el que se

acordó aprovechar el eje 1 poniente en flujo y contra flujo para que a partir del 2010 se transforme en corredor de transporte.

Los Corredores de Transporte Público se impulsan para implantar en el Paseo de la Reforma y en el Periférico alternativas eficientes y amables ambientalmente, a base de autobuses nuevos con tecnología Euro IV. Estos autobuses están organizados en sociedades cooperativas o mercantiles. En Reforma ha empezado la operación 150 autobuses "largos" con 2 tipos de servicios, el Plus II y el Ejecutivo, que incorporan aire acondicionado y dan servicio de la Villa a Santa Fe. En Reforma, los nuevos autobuses sustituyen a 369 unidades de colectivos, altamente contaminantes.

El Gobierno del Distrito Federal anunció en 2009 que en los próximos cinco años se construirán 10 corredores de Metrobús nuevos, para un total de 230 kilómetros, con una reducción estimada de 300 mil toneladas de Bióxido de Carbono equivalente al año.

En el Estado de México se han propuesto nueve corredores para el Mexibus. Se construye actualmente el primer corredor del Mexibús que irá de Ciudad Azteca (Ecatepec) a Ojo de Agua (Tecámac) contará con un carril exclusivo de 16 kilómetros, 63 autobuses articulados y 24 estaciones y estará funcionando a principios del 2010, el costo de esta obra superará los 900 millones de pesos.

Otra línea que ya se encuentra contemplada para el Mexibús es la de la Avenida José López Portillo, en donde se reemplazarían cerca de 600 microbuses y combis con un costo superior a los 300 millones de pesos.

### Beneficios.

El Metrobús transporta hasta 450 mil pasajeros en día hábil en su red de servicio de 50 Kms., con 75 estaciones, 5 terminales y 225 autobuses. A fines del 2009 se estima la reducción de más de 17 000 ton/año de emisiones contaminantes (Cuadro 4.22).

La reducción de 29 342 toneladas de Bióxido de Carbono equivalente al año ha sido vendida al Fondo Español de Carbón y se ha recibido el pago por 121 959 Euros anuales, monto que se recibirá durante 10 años.

El primer corredor del Mexibús en el Estado de México dará servicio a 130 000 usuarios al día y sustituirá a alrededor de 2 500 microbuses y combis.

Cuadro 4.23. Reducción en la emisión de contaminantes por la Introducción del Metrobús. Medida G3-1-PT20

Reducciones estimadas ton/año									
Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	TOTAL
2008	3 530	14	314	13	296	-0.3	-0.2	1	4 166
2009	14 156	446	1 298	54.8	1 221	1	0.6	3	17 177
2010	19 138	602	1 756	74.2	1 652	2	0.8	4	23 229

\*Signo (-) significa aumentos en las emisiones

### Recomendaciones.

Continuar con el programa de selección y creación de corredores metropolitanos e implementarlos de acuerdo con los requerimientos técnicos, sociales y económicos.

Iniciar la operación de corredores de transporte público en el Estado de México.

Clave: G6-5-PT21

Medida detenida

## 21. ELIMINACIÓN DE VEHICULOS CONTAMINANTES DE MAYOR EDAD DE USO PRIVADO.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Acelerar la renovación del parque vehicular registrado en el Distrito Federal, así como el retiro de los vehículos altamente contaminantes, de mayor edad, de uso privado.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SHCP, SE, SETRAVI, SMA-GDF, SCT-GEMEX, SMA-EM, CAM, AMIA.

### Actividades realizadas

No se ha instrumentado un programa específico y a la fecha el incentivo mayor para la sustitución de vehículos ha sido la posibilidad de extender hasta por seis años el holograma 00.

Se pretende sustituir en un 100% del parque vehicular del Gobierno de la Ciudad por unidades energéticamente eficientes y de baja contaminación, dicho parque es de más de 29 mil unidades, 2,460 unidades son año modelo 2007 y 2008.

Un programa que puede impulsar esta medida es el Programa de renovación vehicular puesto en marcha en julio del 2009 a nivel nacional por el Gobierno Federal, para el cual se dedicarán 500 millones de pesos por el cual se provee un subsidio de 15 mil pesos así como la autorización de crédito a los propietarios de vehículos de 10 años o más para la adquisición de un vehículo nuevo de agencia de hasta 215 mil pesos. Para hacer efectivo el apoyo de 15 mil pesos, el propietario debe presentar el "certificado de destrucción" para lo cual deberá acudir a una empresa recicladora certificada. A diciembre de 2009 se reportan 1841 unidades destruidas en el Distrito Federal y alrededor de 1000 en el Estado de México.

### Recomendaciones

Se recomienda emplear los esfuerzos y recursos previstos para esta medida en reforzar y apoyar el Programa Federal ya sea mediante difusión, promoción o bien aumentando el apoyo económico.

Clave: G6-6-PT22

Medida terminada

## 22. RENOVACIÓN DE AUTOBUSES DE LA RED DE TRANSPORTE DE PASAJEROS (RTP) Y DEL SERVICIO DE TRANSPORTES ELÉCTRICOS (STE).

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Acelerar la renovación del parque vehicular registrado en el Distrito Federal, así como el retiro de los vehículos altamente contaminantes, de mayor edad, de uso privado.

### Instituciones Involucradas

RTP, SMA-GDF.

### Actividades realizadas

Desde el inicio del PROAIRE se buscaron fuentes de financiamiento y se realizó un análisis del tipo de autobuses que podrían introducirse en la Ciudad de México (Cuadro 4.23). En el segundo semestre de 2004 dio inicio el programa de renovación del Servicio de Transporte Eléctrico con la reincorporación de trolebuses, en la primera etapa se renovaron 34 unidades. En el 2009 se cuenta con un parque de trolebuses de 351 unidades en condiciones de operación.

Respecto a la flota RTP, en 2008 se sustituyeron 950 unidades con motores EPA 2000, de tal manera que en el inventario 2008 el 100% de las unidades RTP son modelo 2001 y posteriores. A partir del 8 de junio de 2009 se puso en marcha el "Servicio Expreso" para brindar alternativas más eficientes de transporte. Está conformado por 11 rutas, incluyendo la ruta del Circuito Bicentenario, y 145 unidades fabricadas por Mercedes-Benz, todas las unidades del Sistema Expreso cuentan con tecnología avanzada, acorde a lo establecido en la normatividad ambiental EPA 04. Durante 2009 la RTP contó con 1 268 autobuses de los cuales mantuvo en ruta un promedio de 1 013 unidades en día hábil. Se contempla la integración gradual de nuevas tecnologías que cumplan las normas EPA04 y EUROIV para la reducción de emisiones contaminantes de su flota vehicular.

Cuadro 4.24. Implementación de la medida G6-6-PT22

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Concertación de opciones de financiamiento								
Análisis y determinación de autobuses nuevos apropiados para la sustitución de los autobuses viejos								
Introducción de autobuses nuevos de la RTP								

## Beneficios

La renovación de la flota RTP mejora la calidad del servicio, reduce el consumo de combustible (antiguos 1.19 km/lt, nuevos 2.45 km/lt) y la reducción de las emisiones por pasajero transportado es de 3.7 a 1.6 gr/pas que significan un total de más de 3 000 ton/año (Cuadro 4.24). Así mismo, la renovación constante de trolebuses permite la operación de corredores “cero emisiones”.

Cuadro 4.25. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-6-PT22

Reducción de emisiones (ton/año).									
CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Total
498	1 477	395	17	404	110	105	0.3	38	3 044

## Recomendaciones

Elaborar un programa de retiro a largo plazo en el cual se indique el esquema de renovación de unidades, programas de mantenimiento y adquisiciones con la finalidad de mantener la flota en los niveles de calidad alcanzados.

Clave: G6-12-PT23

Medida en curso

## 23. RENOVACIÓN DE LA FLOTA DE TRANSPORTE DE CARGA LOCAL.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Garantizar que los vehículos que prestan el servicio de transporte de carga registrados en el Distrito Federal reúnan las características básicas de calidad, seguridad y ambientales.

### Instituciones Involucradas

SCT, SE, SHCP, SETRAVI, SCT-GEMEX, CAM, AMIA, ANPACT y Asociación de Camioneros de Transporte de Carga.

### Actividades realizadas

Desde el año 2002 y hasta la fecha, la SCT en coordinación con Nacional Financiera ha implementado el Programa para la Modernización del Autotransporte de Carga y Pasaje a nivel federal que en promedio tuviera 10 años de antigüedad. El programa consiste en proporcionar financiamientos de 65% a 80% del valor de una unidad nueva o seminueva, además de ofrecer la opción de recibir un estímulo fiscal adicional por "chatarrazar" la unidad vieja, de entre 60 y 140 mil pesos dependiendo de las características de la unidad vieja. En el D.F., a finales de 2006 se renovaron cerca de 8 mil unidades de las cuales el 60% corresponde a transporte de pasajeros y el 40% al transporte de carga (Cuadro 4.25).

Cuadro 4.26. Programa de sustitución de vehículos de carga en la ZMVM

Avances en la sustitución de vehículos de carga		
Tipo	Unidades	Edad promedio
Antiguos	3 200	30
Nuevos	3 200	5

Desde inicios de 2007 la SETRAVI, ha realizado aproximadamente 30 reuniones con representantes de diversas organizaciones de transportistas, entre las que se encuentran Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP), Cámara Nacional de Autotransporte de Carga (CANACAR), Frente de Organizaciones de Transporte (FOTAC), Asociación Nacional de Transportistas (ANTRA), Cámara Nacional de Comercio (CANACO), entre otras, con el propósito de analizar la problemática del transporte de carga en la Ciudad de México y establecer estrategias de solución.

A principios de octubre de 2009, las Secretarías del Medio Ambiente del Distrito Federal y del Estado de México, firmaron un convenio con el presidente de la Asociación Nacional de Transporte Privado (ANTP), para coordinar acciones que permitan evaluar el desempeño ambiental y de operación de vehículos híbridos diesel-eléctricos de más de tres mil 857 kilogramos de peso bruto vehicular en la ZMVM. Las pruebas a las unidades con motor híbrido se realizarán en condiciones reales empleando el equipo RAVEM, mediante el cual se medirán las emisiones. Con dicha prueba también se determinará el rendimiento de combustible expresados en kilómetros por litro de combustible. Las unidades híbridas sometidas a la medición se cargarán a un 70 por ciento de su capacidad y serán conducidas conforme a la operación normal de horarios y rutas. Cada uno de los vehículos deberá completar la ruta designada al menos tres veces.

A finales de septiembre de 2009 dio inicio la circulación de los dos primeros tractocamiones híbridos de carga, diesel-eléctricos. Al concluir las mediciones, las autoridades ambientales del D.F. y Estado de México, en conjunto con la ANTP estarán en posibilidad de buscar incentivos ambientales que permitan impulsar la comercialización de unidades con motor híbrido en la ZMVM.

### Beneficios

Se ha estimado que la sustitución de vehículos sin control de emisiones por vehículos nuevos conlleva a una reducción de las emisiones superior al 80% (Cuadro 4.26).

La posible introducción de vehículos de carga híbridos representa una oportunidad de disminuir las emisiones de este tipo de vehículos.

Cuadro 4.27. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-12-PT23

Reducción de emisiones (ton/año).										
Edad	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Total
30	78 405	868	4 769	391	4 402	31	22	5	11	88 905
5	13 397	565	961	79	887	11	8	7	12	15 924
Diferencia (reducciones)	65 008	306	3 808	312	3 515	20	14	-1	-0.4	72 981

\*Signo (-) significa aumentos en las emisiones

### Recomendaciones

Las unidades renovadas apenas representan un equivalente del 2.8% de los vehículos de carga y pasaje federal de 10 años y mayores del inventario 2008. Es recomendable acelerar el proceso de renovación de la flota con mejores mecanismos de sustitución.

Clave: G6-13-PT24

Medida en curso

## 24. REGULACIÓN DEL HORARIO DE CIRCULACIÓN PARA LOS VEHÍCULOS DE CARGA.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Reducir las emisiones generadas por los vehículos de carga que circulan en el Distrito Federal.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SCT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, CAM, Asociaciones de transportistas de carga.

### Actividades realizadas

La CAM, a través del Instituto de Ingeniería de la UNAM, con recursos financieros del Fideicomiso Ambiental 1490, realizó en el año 2006 el "Estudio Integral Metropolitano del Transporte de Carga y Medio Ambiente". El estudio arrojó que el número de vehículos de carga de servicio público, registrados en la ZMVM, es de 440 680 unidades con antigüedad promedio de 12 años. El estudio recomendó un ordenamiento territorial logístico del transporte de carga que incluya corredores de carga.

En 2006 se realiza un proyecto piloto en el cual los transportistas deberían adecuar la logística de entrega de mercancías, dejando de circular en el horario de 7:00 a 9:00 de la mañana, a través de un acuerdo firmado entre 10 asociaciones empresariales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal y el Gobierno del Distrito Federal (SMA, SETRAVI y SSP). El análisis técnico realizado por la SMA reportó que sólo el 16% de los vehículos articulados lo acataron voluntariamente. El Comité Técnico concluyó que para que funcione deberá de ser obligatorio.

El 20 de mayo de 2008, el GDF y asociaciones empresariales celebraron la firma del Convenio de colaboración y coordinación para la puesta en operación del "Programa de regulación del transporte de carga en el perímetro "A" del Centro Histórico de la Ciudad de México", que limita la circulación de vehículos de más de 3.5 toneladas de las 7:00 a las 22:00 horas con vigencia a partir del 20 de junio de 2008. El 15 de octubre de 2008 el GDF, la Secretaría de Transporte y Vialidad y el sector privado firmaron el Convenio de Colaboración y Coordinación para la puesta en operación del "Programa de Transporte de Carga en el Corredor Cero Emisiones" el cual restringe la circulación a vehículos de más de 3.5 toneladas y mayores de 7.5 metros, en el Eje Central Lázaro Cárdenas, de las 6:00 a las 23:00 horas y entró en vigor a partir del 1° de noviembre de 2008. En ambos intervinieron el Gobierno del Distrito Federal, la Secretaría de Transportes y Vialidad y también el sector privado.

### Beneficios

La vialidad en el Centro Histórico y el corredor "Cero emisiones" se incrementó como consecuencia de las acciones realizadas lo cual ha implicado una disminución importante de emisiones contaminantes.

### Recomendaciones

Invitar a diferentes grupos de investigación multidisciplinarios para analizar por separado los efectos ambientales de la regulación de los horarios para el transporte de carga con la finalidad de conjuntar las opiniones en coloquios que permitan integrar una estrategia adecuadamente estudiada para la regulación del transporte de carga.

Clave: G6-15-PT25

Medida en curso

## 25. EXPANSIÓN DEL METRO

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Generar una oferta de transportación rápida, eficiente, segura y no contaminante, acorde a la demanda futura esperada en la ZMVM.

### Instituciones Involucradas

STC-M, SOS-GDF.

### Actividades realizadas

El 29 de marzo de 2007, el Gobierno del Distrito Federal, anunció la realización del proyecto de la Línea 12 del Metro cuyo proyecto completo se dio a conocer en junio del mismo año para lo cual las obras se iniciaron en 2008. La línea 12 del Metro tendrá 23 estaciones y correrá entre Mixcoac y Tláhuac a lo largo de 24.2 kilómetros y será subterránea en todo su trayecto, del Eje 7 Sur y el Eje 8 Sur hasta llegar al Eje Troncal Metropolitano, después seguirá por toda Avenida Tláhuac y Avenida San Lorenzo Tezonco hasta terminar en los linderos entre Iztapalapa y Tláhuac. Por otra parte, de acuerdo con los planos, tendrá tres correspondencias con las líneas: 2, 3, y 7 (Ermita Zapata y Mixcoac) respectivamente.

A diciembre de 2009 se lleva un avance del 30% en la construcción de la línea 12.

De los 17 mil 583 millones de pesos (mil doscientos millones de dólares) que representa la obra, el monto acumulado al 31 de diciembre equivale a 32 por ciento y se tienen pagados cinco mil 691 millones de pesos. La Línea 12 del Metro en una primera etapa será inaugurada en el 2011, y la segunda etapa, en abril de 2012, actualmente se trabaja en ambas etapas.

### Beneficios

La demanda estimada es superior a los 367 000 pasajeros diarios en día laborable, con lo cual la Línea 12 pasará a ocupar el cuarto lugar de la Red de Metro, misma que podrá alcanzar los 450,000 con el ordenamiento del transporte colectivo y la redistribución de viajes locales y regionales. Esta línea del metro sustituirá un número considerable de microbuses, autobuses y autos particulares con la consecuente reducción de emisiones a la atmósfera.

### Recomendaciones

Se recomienda privilegiar el transporte público sobre el transporte particular. Acelerar los trabajos para la expansión del metro conforme se propuso en el programa PROAIRE. Elaborar un estudio sobre la eficiencia y eficacia del STC metro con la finalidad de elaborar estrategias para mejorar la calidad del servicio que actualmente se presta.

Clave: G6-16-PT26

Medida en curso

## 26. ESTABLECIMIENTO DE UNA RED DE TRENES SUBURBANOS.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Maximizar el uso de la infraestructura y derechos de vía existentes en la red ferroviaria de la ZMVM para su uso en transporte urbano, suburbano y regional de pasajeros.

### Instituciones Involucradas

SCT, SETRAVI, SCT-GEMEX, COMETRAVI, RTP, METROBUS, SCT-M.

### Actividades realizadas

El 11 de junio de 2003, se firma el convenio para la construcción del proyecto Ferrocarril Suburbano de la Zona Metropolitana del Valle de México entre la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal y los Gobiernos del Distrito Federal y el del Estado de México (4.27). El proyecto propone utilizar la infraestructura de vía existente (242 km), y mejorar el bienestar social de los habitantes de la ZMVM mediante el ahorro en tiempo de transporte, y la disminución del congestionamiento vial, la contaminación atmosférica y el excesivo consumo de energéticos. Con este proyecto se aprovechan las vías férreas y los derechos de vía federales, que se hallaban subutilizados, para atender una importante demanda de transporte de la población, a través de un servicio seguro, eficiente y no contaminante.

La primera etapa del proyecto o Sistema 1 es la línea Cuautitlán-Buenavista que disponía de 4 vías paralelas, dos de ellas de altas especificaciones y electrificadas y sin asentamientos humanos irregulares en el derecho de vía, además que es paralela al principal corredor de transporte de pasajeros de esta zona (Autopista México-Cuautitlán). El Ferrocarril Suburbano en su estación de Fortuna interconecta con la estación Ferrería de la línea 6 del Sistema de Transporte Colectivo Metro. En la estación Buenavista del Ferrocarril conecta con las estaciones Buenavista de la línea B, así como con las estaciones Revolución de la línea 2 e Hidalgo de la línea 3 del Metro, para ofrecer mayores posibilidades de servicio a los usuarios.

Cuadro 4.28. Instrumentación de la medida G6-16-PT26

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Firma de convenio entre los gobiernos Federal, Estado de México y Distrito Federal		Jul						
Definición de esquemas de financiamiento conjunto								
Licitación del Sistema 1: Cuautitlán-Buenavista								
Construcción del Sistema 1								
Inicio de operaciones Tultitlán-Buenavista							Jun	
Inicio operaciones Cuautitlán-Buenavista (25 Km.)								Ene
Licitación de Sistemas 2 y 3.								

El Sistema 1 tuvo una inversión superior a los 14 000 millones de pesos de los cuales 6 420 millones fueron aportados por el Gobierno Federal, 3 100 millones por el Gobierno del Estado de México y el resto por el consorcio ganador de la licitación.

Actualmente se encuentran en proceso de licitación los sistemas 2 y 3 del Tren Suburbano. El sistema 2 con una extensión de 21 Km irá de Martín Carrera a Jardines de Morelos y el sistema 3 prevé la operación de tres tramos en el Estado de México, el primero correrá del municipio de Nezahualcóyotl a Chalco con una extensión de 31.8 Km, el segundo de Chalco a La Paz con 13.32 Km. y el tercero Nezahualcóyotl a Los Reyes con 18.5 Km.

### Beneficios

Actualmente, el tren suburbano que corre de Buenavista a Cuautitlán beneficia a 1 millón 765 mil 41 habitantes de los municipios de Tlalnepantla, Tultitlán, Cuautitlán y Cuautitlán Izcalli y 780 mil 315 habitantes de las delegaciones Cuauhtémoc y Azcapotzalco del Distrito Federal que aunado a las comunicaciones con municipios y delegaciones aledañas se estima que la población beneficiada asciende a los 4.8 millones de habitantes y contribuirá así al desarrollo urbano ordenado de la zona norte de la ZMVM.

Se estima un ahorro del 70% en el tiempo de viaje y una reducción de contaminantes de más de 8 000 toneladas anualmente, principalmente de vehículos a gasolina considerando que se dará una reducción gradual en los viajes de los principales medios de transporte público empleados en el norte de la ZMVM (Cuadro 4.28).

Cuadro 4.29. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-16-PT26

Reducción de emisiones (ton/año).										
Tipo de vehículo	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Total
Combis a gasolina	3 912	245	516	22.2	486	2.1	1.1	6.2	3.9	5 195
Minibús a gasolina	2 933	133	252	10.3	238	0.8	0.5	1.3	1.4	3 571
Autobús a diesel	14	12	5	0.0	5	0.9	0.7	0.0	0.1	36
<b>Total</b>	<b>6 859</b>	<b>391</b>	<b>773</b>	<b>33</b>	<b>729</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>8 803</b>

### Recomendaciones

Finalizar algunas obras de infraestructura de la primera etapa (Buenavista-Cuautitlán), principalmente en lo relacionado con la interconexión con las estaciones del metro.

Realizar análisis costo-beneficio en el costo del pasaje, ya que usuarios de microbuses y autobuses no han cambiado de transporte por esa razón.

Acelerar la construcción de los Sistemas 2 y 3 para que el servicio inicie en el 2011.

Clave: G6-17-PT27

Medida en curso

## 27. AMPLIACIÓN DE LA RED DE TROLEBUSES Y TREN LIGERO.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Incrementar la oferta de una transportación rápida, eficiente, segura, no contaminante y alterna a los servicios de transporte tradicionales.

### Instituciones Involucradas

STE, SMA-GDF.

### Actividades realizadas

La Red de Trolebuses de la Ciudad de México cuenta con 10 líneas además del Corredor "Cero Emisiones". En algunos casos la vialidad por la que circulan solo tiene un sentido, pero el Trolebús y los autobuses de la Red de Transporte de Pasajeros recorren por un carril de contraflujo exclusivo para estos transportes y para vehículos de emergencia. En el segundo semestre de 2004 dio inicio el programa de renovación del Servicio de Transporte Eléctrico con la reincorporación de trolebuses, en la primera etapa se renovaron y se reincorporaron 34 unidades. En el 2009 se cuenta con un parque de trolebuses de 351 unidades en condiciones de operación.

El Gobierno del Distrito Federal dio a conocer el 3 de septiembre del 2007 que se pondrán en funcionamiento 22 kilómetros de tranvía en el Centro Histórico con finalidad de promover y dar prioridad a la utilización de este vehículo no motorizado en la capital del país. Así mismo el 12 de septiembre de 2007 el Servicio de Transportes Eléctricos del Distrito Federal (STE), dio a conocer que las líneas de Trolebuses, Tren Ligero y Tranvías, son proyectos a seguir incluidos en la nueva política de transporte en la ciudad de México. En julio del 2008, se dio a conocer la construcción de la línea de tranvía que correrá del centro histórico a Buenavista, el cual requerirá entre 1,500 y 1,800 millones de pesos.

La primera línea contará con 12 tranvías, que recorrerán 10.8 kilómetros (en ambos sentidos) en 46 minutos con un intervalo de tiempo de 3.8 minutos de la terminal Pino Suárez a la de Buenavista con un total de 30 estaciones, a fin de conectar a más de 50 mil usuarios diarios con 5 líneas del Metro.

Debido a la falta de recursos, se canceló la licitación prevista en el 2008, sin embargo se buscan fuentes de financiamiento para reanudar la licitación y comenzar las obras. En un principio se había estimado que las mismas concluirían en septiembre de 2010.

### Beneficios

La construcción de la línea de tranvía prevista, eliminará la congestión observada en las líneas del Metrobús y el metro e implicará la reubicación de las rutas 1, 18, 22 y 88. La vida útil de los tranvías es de 24 años, tres veces más que la de una unidad del Metrobús, el costo de mantenimiento es menor; y reduce las emisiones de contaminantes.

## Recomendaciones

Realizar modificaciones en la infraestructura de las líneas de trolebús para que cuenten con la señalización de las estaciones en forma similar a la que tiene el corredor 0 emisiones.

Incrementar los esfuerzos para avanzar en la instalación de la primera línea de tranvía, a través de la búsqueda de financiamiento con empresas interesadas en desarrollar y patrocinar la primera línea de tranvía del Centro Histórico a Buenavista.

Clave: G6-7-PT28

Medida detenida

## 28. LOCALIZACIÓN DE TAXIS EN BASES.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Reducir el recorrido promedio de los taxis libres y por lo tanto la contaminación ambiental.

### Instituciones Involucradas

SETRAVI, SMA-GDF, SOS-DF, Delegaciones.

### Actividades realizadas

La SETRAVI desarrolla el proyecto para la instalación de 2 500 bases, estableciendo las normas e infraestructura para su operación.

Con la finalidad de reordenar las bases y sitios, se realizan las siguientes acciones: revisión documental, inspección en campo y consulta a las Delegaciones, para determinar la autorización o cancelación de las mismas, ya que algunas se han establecido sin el permiso correspondiente. En el 2007 las autorizaciones/revalidaciones fueron 686; en tanto que para el 2008, fueron 876.

En el Estado de México, todos los taxis operan en una base por lo que no se presenta el mismo problema que en el Distrito Federal. Sin embargo, en los últimos años se han incrementado los llamados taxis ejecutivos los cuales no tienen ningún distintivo para que sean reconocidos como taxis.

### Beneficios

Cada taxi registrado en base deja de circular en forma continua y por lo tanto de emitir continuamente emisiones contaminantes a la atmósfera.

### Recomendaciones

Se recomienda acelerar los esfuerzos de instrumentación de la medida, remover las bases establecidas irregularmente en el Distrito Federal y definir una red de bases oficial.

En el Estado de México, realizar inspección y vigilancia sobre los llamados taxis ejecutivos.

Clave: G6-8-PT29

Medida terminada

## 29. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE VOLÚMENES Y MOVILIDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Determinar las condiciones en que se encuentran la oferta y la demanda de los servicios de transporte público en la ZMVM para modernizar el servicio.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX y CAM.

### Actividades realizadas

Mediante licitación pública, en el 2003 se firmó el contrato para realizar el estudio denominado "Sistema de Información de Condiciones de Tránsito para la Estimación de las Emisiones Contaminantes por Fuentes Móviles en la Zona Metropolitana del Valle de México". El proyecto se llevó a cabo en el periodo 2003-2004 y abarcó 330 intersecciones, 30 estaciones maestras y 50 corredores estratégicos en las 16 delegaciones del Distrito Federal y 28 municipios del Estado de México conurbados con el DF y efectuando para cada uno de ellos los siguientes estudios: Aforo vial, Movimientos direccionales, Condiciones físicas y Análisis semafórico. El estudio reveló una tasa de crecimiento anual del 19.83% en 179 intersecciones y se identificaron 165 intersecciones conflictivas.

En el 2008 se presentaron los resultados de la Encuesta Origen-Destino realizada por el INEGI en el periodo de mayo a junio del 2007 y que tuvo como objetivo general obtener información útil para la planeación y la toma de decisiones en materia de transporte y vialidad por parte de las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México que permitan resolver la problemática de vialidad en el ZMVM. Dicha encuesta fue financiada por el Fondo Metropolitano y mostró que en la zona metropolitana se realizan alrededor de 22 millones de viajes, de los cuales 6.8 millones utiliza transporte privado y 14.8 millones viaja en transporte público.

### Beneficios

Los resultados de los estudios se han empleado por la Secretaría de Vialidad y otras instituciones como base para la elaboración de estrategias de transporte así como de estudios de costo-beneficio de obras de vialidad.

### Recomendaciones

Hacer del dominio público las bases de datos y resultados de los estudios elaborados para permitir la participación de todos los sectores de la sociedad en la elaboración de estrategias y la toma de decisiones. Actualizar en forma continua los estudios de aforos vehiculares y movilidad para determinar los cambios en patrones de movilidad y en su caso, los beneficios obtenidos.

Clave: G6-9-PT30

Medida terminada

### 30. FOMENTO DEL USO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN VEHÍCULOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

#### Objetivo

Impulsar la instalación de sistemas de combustión a gas natural comprimido (GNC) y gas licuado de petróleo (GLP) en los vehículos de transporte público de pasajeros, verificando que se realicen con apego a las Normas Oficiales Mexicanas en vigor.

#### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SENER, SE, PEMEX, CAM.

#### Actividades realizadas

En noviembre del 2003 fueron destinados 1.5 millones de euros del Fondo Mundial del Medio Ambiente Francés, destinados a fortalecer el programa de reconversión tecnológica de unidades a GNC en el Estado de México y evaluar el desarrollado en el Distrito Federal.

En el periodo 2002-2008 se llevó a cabo la sustitución de unidades a GLP y GNC, sin embargo en algunos casos los propietarios decidieron regresar al consumo de gasolina y diesel debido a diversas cuestiones técnicas y económicas (Cuadro 4.29). Los vehículos tipo pick up y menores a 3 toneladas tienden a regresar al uso de gasolina y diesel, en cambio, la conversión de microbuses a GLP ha aumentado significativamente.

Por otra parte, los vehículos nuevos a gasolina con tecnología TIER 2 presentan factores de emisión similares a los de vehículos que utilizan gas, por lo que podrían ser más atractivos.

Cuadro 4.30. Inventario de vehículos a GLP

Vehículos a GLP				
Año	Autos particulares	Microbuses	Pick up	Veh. <= 3 ton
2002		7 066		10 986
2008	2 578	17 800	1 018	4 287

#### Beneficios

El uso de GLP en el transporte genera reducciones directas en las emisiones de compuestos de azufre debido al mínimo contenido de este elemento en el gas. Se reduce significativamente la emisión de compuestos orgánicos pesados entre los que se cuentan muchos tóxicos pero los principales beneficios se observan en las emisiones de CO (Cuadro 4.30), sin embargo se deben sopesar los aumentos en las emisiones de NOx. Los aumentos en las emisiones de partículas se atribuyen a la incertidumbre del factor de emisión.

Cuadro 4.31. Reducción en la emisión de contaminantes por la medida G6-9-PT30

Reducción de emisiones (ton/año).									
CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	Total
97 411	-1 528	1 020	-233	1 091	-6	-3	-95	40	97 697

\*Valores negativos significan aumentos en las emisiones.

## Recomendaciones

El uso de GLP y GNC se ha desincentivado principalmente por motivos económicos, problemas técnicos asociados a la conversión y la escasez de estaciones de servicio. Se recomienda realizar un estudio profundo multidisciplinario sobre la viabilidad y conveniencia de promover el GNC y el GLP como alternativa de combustible. Además se sugiere realizar estudios de comparación toxicológica de las partículas emitidas por cada tipo de combustible.

Clave: G6-10-PT31
Medida terminada

### 31. IMPLANTACIÓN DEL REGISTRO ESTATAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

#### Objetivo

Crear un organismo público que contará con una base de datos confiable del transporte público concesionado en la entidad, para registrar, controlar y certificar el ejercicio y operación de las concesiones otorgadas por el Gobierno del Estado de México.

#### Instituciones Involucradas

SCT-GEMEX, CAM.

#### Actividades realizadas

En el año 2005 se terminó de implantar en el Estado de México el Registro Estatal de Transporte público de pasajeros e Infraestructura Vial (Cuadro 4.31), cumpliéndose por completo el objetivo de esta medida.

Cuadro 4.32. Instrumentación de la medida G6-10-PT31

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Transferencia de funciones								
Instrumentación del programa								

#### Beneficios

Esta acción le da certidumbre a la información acerca del volumen del parque vehicular del Estado de México con lo cual apoya la toma de decisiones en la elaboración de estrategias sobre transporte y permite disminuir la incertidumbre en la elaboración de inventarios de emisión.

#### Recomendaciones

Se recomienda publicar informes anuales acerca de la situación que guarda el transporte público con base en la información del Registro.

Clave: G6-14-PT32

Medida en curso

## 32. PROGRAMA INTEGRAL PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO DE CARGA.

Grupo de trabajo responsable: 6-Transporte.

### Objetivo

Estructurar y diseñar un programa para optimizar la estructura y operación del transporte de carga en general en la ZMVM.

### Instituciones Involucradas

CAM, SEMARNAT, SCT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SETRAVI y SCT-GEMEX.

### Actividades realizadas

Debido a que no se contaba con datos para establecer el programa, en septiembre del año 2006, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, entregó el "Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México", el cual fue financiado con recursos del Fideicomiso Ambiental del Valle de México. El objetivo del estudio fue obtener, sistematizar y analizar el esquema de movilidad, la infraestructura, el equipamiento, la oferta y demanda del transporte de carga en la ZMVM. La realización del estudio permitió:

- Generar información reciente y confiable sobre el transporte de carga y la infraestructura utilizada por éste en la ZMVM.
- Establecer un conjunto de estrategias orientadas a la gestión del flujo de vehículos y de la demanda misma del transporte de carga, de manera que se pueda contribuir a la minimización de impactos ambientales adversos, al impulso del desarrollo económico de la ZMVM (haciéndola más competitiva en términos logísticos y de ordenamiento territorial), y a la eficiencia del transporte de carga.

### Beneficios

Se desarrollaron metodologías para: a) identificar la oferta y la demanda en la ZMVM; b) realizar un estudio de muestreo origen-destino para el transporte de carga; c) identificar corredores metropolitanos de carga; d) desarrollar soportes logísticos de plataforma, y e) desarrollar un sistema de información geográfica

Con este estudio se da cumplimiento a la primera etapa de la instrumentación de esta medida.

### Recomendaciones.

Estructurar un Programa Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente en la ZMVM.

Identificar corredores de transporte de carga y desarrollar un sistema de información geográfica.

Invitar a grupos de investigación e instituciones académicas a la elaboración de estrategias integrales para reducir el impacto del transporte de carga en la movilidad y calidad del aire de la ZMVM y posteriormente establecer un comité de evaluación conformado por un grupo multidisciplinario de especialistas para implementar las estrategias más adecuadas.

Clave: G6-11-PT33

Medida en curso

### 33. PROMOCIÓN DE RUTAS DIRECTAS O EXPRÉS, LOCALES Y METROPOLITANAS.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

#### Objetivo.

Establecer rutas de transporte público con servicio exprés local y metropolitano a fin de evitar paradas excesivas con el consecuente consumo de combustible.

#### Instituciones Involucradas.

RTP, SCT-GEMEX, SETRAVI.

#### Actividades realizadas.

Además del sistema Metrobús promovido en la ZMVM y analizados en la Medida 20, en el Distrito Federal se puso en marcha el 8 de junio el Servicio expreso de autobuses RTP con 145 autobuses Torino-Mercedes Benz que cuentan con tecnología avanzada EPA04 y amplias dimensiones: 10.98 metros de largo, 2.48 metros de ancho y una altura de 3.12 metros, para dar servicio a 11 rutas distribuidas en toda la ciudad que corren en ambos sentidos y opera con paradas exclusivas colocadas estratégicamente a lo largo de las rutas:

- Aragón-Panteón San Isidro.
- La Raza-Col. El Tepetatal.
- Cuatro Caminos-Constitución de 1917.
- Santa Catarina-Central de Abastos.
- Tacuba-Martín Carrera.
- Xochimilco-Bosques Nativitas-Alameda Ote.
- San Lázaro-Xochimilco-Boques Nativitas.
- Carmen Serdán-Puente Negro.
- La Villa-Santa Fe (por Palmas).
- La Villa-Santa Fe (por Reforma).

El 30 de julio del 2009, se puso en marcha la última ruta del Servicio Expreso en el Circuito Bicentenario, con 50 de las unidades. Tiene un total de 43 Km y corre en ambos sentidos del circuito interior.

Las 145 unidades representaron una inversión de 250 millones de pesos con pagos a cinco años, a tasa fija de 13.47% en pesos y fueron adquiridas a través de un modelo de financiamiento por arrendamiento público.

#### Beneficios

Este servicio permite reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera y los tiempos de traslado de los usuarios por ser un servicio único, rápido, seguro y eficiente.

#### Recomendaciones.

Evaluar las características de nuevas rutas potenciales de implementación de servicio expreso, desarrollar los esquemas de financiamiento, y adecuar las condiciones operativas en los corredores metropolitanos.

Clave: G3-2-PT34

Medida en curso

### 34. MODERNIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL TRÁNSITO METROPOLITANO.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

#### Objetivo.

Homogeneizar los sistemas de administración del tránsito en la red vial metropolitana, incrementando la velocidad de operación en las vialidades de mayor densidad de tránsito y mejorando las condiciones de seguridad.

#### Instituciones Involucradas.

SSP-GDF, SETRAVI, SCT-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

Para mejorar el tránsito vial en la Ciudad de México durante 2005-2006, la SETRAVI, realizó 100 acciones, las cuales se resumen en:

- Adecuaciones Geométricas con Proyecto Ejecutivo.
- Adecuaciones con solución conceptual, que pueden ejecutarse en 1ª. Etapa.
- Señalización en intersecciones conflictivas.
- Proyectos por elaborar de adecuaciones geométricas en intersecciones conflictivas.
- Atención a intersecciones peligrosas.
- Otras acciones viales en diversas delegaciones.

El GDF destinó 106 millones de pesos en el mantenimiento preventivo y correctivo de los semáforos en el año 2004. Se automatizaron 1 200 semáforos instalados en cruces conflictivos de la vialidad de la Ciudad de México. Se adecuó la Red de semáforos con el Sistema Adaptativo, con 1 000 intersecciones (100%).

Se realizaron adecuaciones geométricas en la intersección Reforma-Insurgentes. El proyecto consistió en la ampliación de camellones y la introducción de dos reductores de velocidad y más de 16 pasos "cebra" con adoquín en las rutas. También, el ciclo de semáforos se redujo de tres a cinco cambios y habrá un tiempo de alto de 5 segundos en ambas vialidades.

Se comenzó a aplicar el "Operativo Unión" en: Av, Insurgentes, Revolución, Prolongación División del Norte, Av. De las Palmas, Centro Histórico, Tlalpan, Eje Central, para evitar el estacionamiento en lugares prohibidos en vías primarias y ejes viales. Así mismo, se utilizan parquímetros e inmovilizadores en la Zona Rosa, proyectos para la Roma, Condesa, Polanco, San Angel, Coyoacán y Centro Histórico.

Desde 2005 un tramo de la Avenida Fray Servando Teresa de Mier que se incorpora a Av. Chapultepec funciona como vialidad reversible de lunes a viernes de 6 a 10 de la mañana.

En septiembre del 2007 durante el Tercer Congreso Internacional de Transporte Sustentable la SETRAVI anunció que se convertirán en vialidades reversibles 15 tramos de las avenidas Cuauhtémoc, Congreso de la Unión, Río Churubusco, Revolución y División del Norte entre otras, en las que al menos dos carriles cambiarán de sentido para combatir la saturación vehicular durante las horas pico en horario de 7 a 10 de la mañana de lunes a viernes excepto días festivos. Así mismo se cuenta con un programa de educación vial permanente por parte de la SSP.

Con el fin de disminuir los problemas de movilidad en la ciudad de México, se realizaron en el año 2008-2009, las siguientes acciones de bajo costo y alto impacto que coadyuvaron a minimizar los congestionamientos a lo largo de las vialidades.

- Asignación de puntos estratégicos para agilizar la vialidad.
- Apoyo en eventos masivos.
- Difusión de información sobre las diferentes obras viales y su mantenimiento.
- Apoyo mecánico en las principales arterias del Distrito Federal.
- Proporciona información sobre la vialidad, a radiodifusoras y vía internet.
- Se orienta vía telefónica sobre localización de calles e información de interés general.

### Beneficios

El sistema automatizado de semáforos benefició a 3.8 millones de automovilistas que transitan en calles del Distrito Federal, con una inversión de 90 millones de pesos, en donde se mejoró en un 10% los tiempos de traslado en la Ciudad de México. Entre algunas de las vialidades beneficiadas con este sistema se encuentran: Insurgentes, Reforma, Patriotismo, Revolución, Fray Servando e Izazaga.

Las restricciones para estacionamiento, las adecuaciones geométricas y la conversión de avenidas en vialidades reversibles en las horas pico, ha desahogado el tráfico en muchas zonas de la ciudad

### Recomendaciones.

Continuar con el desarrollo de proyectos que permitan regular de manera más eficiente el tránsito vehicular, implementar con mayor eficiencia la detección y disminución de puntos conflictivos en las arterias viales de la ZMVM.

Clave: G3-3-PT35

Medida en curso

### 35. PROMOCIÓN DE LA GESTIÓN Y COORDINACIÓN PARA LA PAVIMENTACIÓN DE VIALIDADES EN ZONAS MARGINADAS DE LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

#### Objetivo.

Ampliar la red vial urbana de la ZMVM, mejorando la superficie de rodamiento para el tránsito vehicular, facilitando el del transporte público en zonas de bajo estratos socioeconómicos, así como disminuir la emisión de partículas a la atmósfera.

#### Instituciones Involucradas.

SOS-DF, SDUOP-GEMEX, SCT, autoridades municipales.

#### Actividades realizadas.

En el año 2003 la Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal, instrumentó un Programa de Repavimentación de Vialidades con un costo aproximado a los 9.2 millones de dólares para atender una meta anual de 2 millones de metros cuadrados de pavimento al año.

Con las acciones de instrumentación del sistema de control y evaluación de pavimentos, así como la intensificación en los trabajos de repavimentación, se ha logrado tener aproximadamente el 66% de la red primaria en buenas condiciones de rodamiento. Los tramos que requieren mantenimiento correctivo bajaron del 40% al 10%, y los que requieren mantenimiento preventivo de 32% a 24%.

Las obras más importantes desde el punto de vista de la superficie cubierta fueron las realizadas en: el Circuito Interior, Eje 3 Oriente, Calzada Ermita Iztapalapa, Periférico Sur, Paseo de la Reforma y Eje 7 Oriente; en suma, estas obras representaron cerca del 20% del total.

Se proporcionó mantenimiento mayor a 14 vialidades primarias en una superficie de 804 711 metros cuadrados, utilizando pavimento mejorado y normal, así como también se realizaron trabajos de bacheo.

Algunas de las vialidades a las que se les realizó mantenimiento mayor fueron las siguientes:

- Eje 3 Oriente tramo: Río Consulado – Río de los Remedios 86 475 m<sup>2</sup>.
- Ermita Iztapalapa tramo: Anillo Periférico Oriente – Av. Rojo Gómez 40 000 m<sup>2</sup>.
- Circuito interior tramo: Av. Insurgentes – Calz. De Tlalpan 39 000 m<sup>2</sup>.
- Circuito interior tramo: Eje 1 Poniente – Eje 2 Poniente 39 000 m<sup>2</sup>.
- Patriotismo tramo: Río Mixcoac a Metro Juanacatlán (asfalto hidráulico).
- Vallejo tramo: Río de los Remedios al Eje 5 Norte (fresado y reencarpetado).
- Zaragoza tramo: República Federal al Distribuidor Ermita Iztapalapa.

En junio de 2009, tras 14 meses de obras para colocar 300 mil metros cuadrados de concreto hidráulico en sustitución de asfalto, se reabrió el Circuito Interior, denominado Circuito Bicentenario con cinco nuevos puentes y el remozamiento de sus espacios verdes, que en conjunto dieron lugar a 13 nuevos parques. El proyecto tuvo una inversión de cuatro mil millones de pesos

En el Estado de México en el municipio de Ixtapaluca, se pavimentaron cinco vialidades. Se terminó la sustitución del pavimento en Avenida Juárez, se realizaron trabajos que consistieron en la rehabilitación de las siguientes vialidades.

- Mejoramiento de la carretera Tlalnepantla-Villa del Carbón 28.0 km.
- Rehabilitación del periférico norte 29.3 km.
- Rehabilitación y mantenimiento Periférico oriente 9.1 km.
- Pavimentación, rehabilitación y mejoramiento de calles de Tultitlan 30.0 km.
- Rehabilitación de la carretera Tlalnepantla-Cuautitlán 11.6 km.
- Pavimentación de calles de los 13 pueblos de Izcalli 26.7 km.
- Rehabilitación de la carretera Nicolás Romero-Isidro Fabela 13.8 km.
- Programa de pavimentación y rehabilitación intermunicipales en Chimalhuacán 50.0 km.
- Rehabilitación y mantenimiento de las vialidades San Mateo Nopala, Minas Palacios, y Calzada de Guadalupe en Naucalpan 20.0 km.
- Rehabilitación y mejoramiento de caminos intermunicipales en Ixtlahuaca 20.0 km.
- Pavimentación y rehabilitación de vialidades primarias en Valle de Chalco 20.0 km.
- Al mes de marzo del 2009, se logró pavimentar el 40 % de las calles de Chimalhuacán.

### Beneficios

Con esta medida se mantiene y amplía la infraestructura vial, se disminuyen tiempos de traslado y se reducen las partículas suspendidas en la atmósfera. Así mismo se han creado vías más seguras, se ha mejorado el flujo del tránsito y como consecuencia se ha reducido la contaminación vehicular.

### Recomendaciones.

Generar programas y acciones más contundentes de pavimentación en las zonas marginadas de la ZMVM.

Clave: G3-4-PT36

Medida en curso

### 36. FOMENTO A LA GESTIÓN Y COORDINACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ANILLOS Y LIBRAMIENTOS EN LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

#### Objetivo.

Ofrecer vías alternas para evitar cruzar el centro de la Ciudad de México.

#### Instituciones Involucradas.

SCT, SCT-GEMEX y autoridades municipales.

#### Actividades realizadas.

En 2006 fue puesto en marcha la primera etapa del Circuito Exterior Mexiquense, cuya longitud de 52 kilómetros conecta a las principales autopistas de la Zona Metropolitana que confluyen al Distrito Federal, como la México-Querétaro, la México-Pachuca y la México-Texcoco, en una especie de libramiento.

En el 2006 inició la construcción del libramiento Arco Norte la cual permitirá que los vehículos que no tengan como destino la ZMVM puedan tomar dicha autopista desde Puebla hasta Querétaro sin pasar por la ZMVM, mejorando la circulación vehicular en particular en el municipio de Tlalnepantla y en la delegación Gustavo A. Madero. Los trabajos de construcción del Distribuidor Vial Periférico Arco Norte-Avenida Centenario en noviembre de 2009 llevan un avance de 59 por ciento.

En el mes de abril de 2008 el jefe de Gobierno del DF, anunció la construcción de dos vialidades de cuota: el túnel Reforma, que irá de Santa Fe a Circuito Interior, y la supervía Poniente, de avenida de Los Poetas a Luis Cabrera, dichas vialidades tienen como objetivo conectar adecuadamente el poniente con el centro de la capital.

El sector de Comunicaciones y Transportes del Estado de México, tiene como objetivo rehabilitar, modernizar y construir 5 652 Km. de carreteras y vialidades, así como construir circuitos de alta velocidad alrededor de las manchas urbanas de la zona conurbada.

- |                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| • Circuito Exterior Mexiquense 1er etapa (concluida).                           | 52.7 km.  |
| • Circuito Exterior Mexiquense 2ª etapa (en construcción).                      | 30.0 km.  |
| • Autopista Urbana Los Remedios-Ecatepec.                                       | 24.5 km.  |
| • Autopista Naucalpan-Toluca (proyecto).                                        | 34.0 km.  |
| • Circuito Exterior Mexiquense 3ª etapa (proyecto).                             | 44.0 km.  |
| • Periférico Norte Viaducto Elevado (Toreo-Cuautitlán).                         | 32.0 km.  |
| • Ampliación a 4 carriles de la carretera Chalco-Tláhuac y Chalco-Huitzilzingo. | 13.9 km.  |
| • Rehabilitación de la carretera Nicolás Romero-Villa del Carbón-Jilotepec.     | 49.0 km.  |
| • Distribuidor vial Zaragoza                                                    | 3.7 km.   |
| • Carretera federal México-Puebla km 17                                         | proyecto. |
| • Construcción del distribuidor vial calle 7 y Av. Bordo de Xochiaca            | proyecto. |

#### Beneficios

La construcción de los anillos y libramientos en la ZMVM, significa un ahorro en tiempos de traslado y consecuente reducción en la emisión de contaminantes.

Se estimó una reducción de contaminantes de más de 99 000 ton/año en el 2008 asociada al uso del libramiento Arco Norte (Cuadro 4.32).

Cuadro 4.33. Reducciones por la medida G3-4-PT36

Contaminante	Auto particular	PICK	Veh < 3 ton	Veh > 3 ton	Trailer	Autobús	Total
HCT	263	6	65	34	29	17	416
CO	3 340	63	516	777	219	39	4 955
NOX	174	4	34	21	176	19	427
CO <sub>2</sub>	51 376	910	7 454	7 399	21 447	5 091	93 676
PM <sub>2.5</sub>	2	0	0	1	4	2	9
Tóxicos	14	0	4	2	4	1	26
SO <sub>2</sub>	10	0	1	1	7	2	21
PM <sub>10</sub>	4	0	0	1	5	2	12
TOTAL	55 184	983	8 075	8 236	21 891	5 173	99 543

### Recomendaciones.

El tránsito en la ZMVM muestra la necesidad de continuar con este tipo de obras de comunicación, sin embargo es deseable que sean accesibles a un mayor número de vehículos por lo que se recomienda realizar un estudio costo-beneficio sobre el precio de las cuotas de acceso a los circuitos.

Clave: G3-5-PT37

Medida en curso

### 37. FOMENTAR LA COORDINACIÓN PARA MEJORAR LA INFRAESTRUCTURA VIAL METROPOLITANA.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

#### Objetivo.

Modernizar la infraestructura vial existente mejorando los niveles de servicio, así como incrementar la red vial primaria en la Zona Metropolitana del Valle de México.

#### Instituciones Involucradas.

SOS-DF, SETRAVI, SCT-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

En junio de 2003 se inauguró el distribuidor vial de San Antonio (6.9 km), realizándose una inversión de más de 2 000 millones de pesos. Adicionalmente con una inversión de 500 millones de pesos, se construyeron cuatro puentes vehiculares que forman parte del Eje troncal Metropolitano el cual corre desde Ermita Iztapalapa hasta Ciudad Azteca. Los cuatro puentes incluyen los puentes Lorenzo Boturini, Fray Servando, Avenida del Taller y el distribuidor vial Zaragoza.

Se construyó el Eje Troncal Metropolitano con dos semitúneles sobre la Avenida Marruecos. Se construyó el distribuidor vial Zaragoza–Oceania, denominado Distribuidor Vial Ing. Heberto Castillo Martínez, con una longitud de 5.3 kilómetros, el cual se inauguró en diciembre de 2003. Se estimó una capacidad para 6 mil 400 vehículos por hora por sentido con velocidad promedio de 70 kilómetros por hora.

En el 2004, se evaluó el proyecto para la construcción del segundo piso en Viaducto. En septiembre de 2004, se inauguraron tres puentes vehiculares en la zona de Santa Fe, sobre las barrancas de Cuajimalpa y Álvaro Obregón, en avenida de los poetas, que incluye los puentes “Carlos Pellicer”, “Octavio Paz” y “Jaime Sabines”; dicho proyecto tuvo una inversión de 840 millones de pesos.

En agosto del 2004, se inauguró el Segundo Piso del Periférico que abarca el tramo de Benvenuto Cellini a Las Flores el cual cuenta con una longitud aproximada de 3.5 kilómetros y tres carriles.

En abril de 2005 fue inaugurado el puente vehicular Prolongación San Antonio – Eje 5 Poniente que conecta la zona de Santa Fe con el oriente, sur y norte de la Ciudad.

En julio del 2005, iniciaron obras para la construcción del distribuidor vial del Eje 3 Oriente y Calzada Ermita Iztapalapa, cuyo costo será de 250 millones de pesos. Así mismo se construyó un puente y paso a desnivel en la avenida Marruecos.

En el 2006, finalizó la construcción de puentes del Periférico-Muyuguarda a Acoxta, Cafetales y el Hueso, y en un futuro continuar hacia la carretera a Cuernavaca, en el que se invertirán 8 millones de pesos.

En mayo del 2006 se inauguro, el segundo piso de periférico en un nuevo tramo de vialidad elevada, de las Flores a San Antonio, en total los segundos pisos comprenden cinco kilómetros de construcción y en ellos se invirtieron cinco millones 68 mil pesos, de los cuales el 95% proviene de recursos fiscales.

En la zona poniente de la Ciudad, se construyeron 2 pasos vehiculares inferiores en Av. Constituyentes en los cruces con la Av. Acueducto y en el Eje 5 Poniente.

Además, se están construyendo 41 adecuaciones geométricas en intersecciones que actualmente representan conflictos viales, de las cuales se han terminado 14 y se encuentran en proceso 27 adecuaciones. Paralelamente se están realizando 12 estudios y proyectos para la ejecución de obras futuras, entre las que destaca, la construcción del libramiento carretero Oaxtepec-Xochimilco.

Dentro de la construcción del Eje Troncal Metropolitano en diciembre del 2007 se concluyó la construcción del puente vehicular de la Avenida Santa Ana, y en agosto del 2008 se concluyó el Distribuidor Vial de Calzada de la Virgen.

En 2006, en el Estado de México, fue puesto en marcha la primera etapa del Circuito Exterior Mexiquense, cuya longitud de 52 kilómetros conecta a las principales autopistas de la Zona Metropolitana que confluyen al Distrito Federal, como la México-Querétaro, la México-Pachuca y la México-Texcoco, en una especie de libramiento. Se requirió la inversión de 3 mil 970 millones de pesos, vialidad que tendrá una extensión total de 141 kilómetros y una vez terminada conectará también con la autopista México-Puebla.

En diciembre del 2007 se terminó el Distribuidor Vial Zaragoza-Texcoco que da solución a problemas viales que se acentuaban y agudizaban en esta parte de la zona metropolitana, además de que es la entrada de todos los días a la capital del país de los habitantes de los municipios de Chalco, Valle de Chalco, Ixtapaluca, Amecameca,

Se realizó el entronque de Río Churubusco –Periférico Oriente (calle 7).

Para el periodo 2008-2009 se ha dado continuidad al Eje Troncal Metropolitano concebido como una vialidad de acceso controlado de 35 km, desde Ciudad Azteca hasta Xochimilco, durante este periodo se concluyó la construcción de la gaza del puente vehicular de Av. Del Taller y el Distribuidor Vial Periférico-Muyuguarda, posterior en marzo del 2009 se concluyó la gaza que conectó a la Av. Cafetales.

Como parte del programa de las vías de acceso a la ciudad, el Corredor Vial Constituyentes, cubrirá una longitud de 16 km. Desde la Av. Puerto de Veracruz en Cuajimalpa hasta el Circuito Interior. En este periodo se realizaron 5 pasos vehiculares que permitieron la eliminación de 9 intersecciones semaforizadas, para dar una vialidad continua a lo largo de 5.4 km.

- Paso vehicular inferior Av. Constituyentes-José Ma. Velasco.
- Paso vehicular inferior Av. Constituyentes-Av. Observatorio.
- Paso vehicular inferior Av. Constituyentes-Sur 128.
- Paso vehicular inferior Av. Constituyentes-Camino de los Toros.
- Paso vehicular inferior Av. Constituyentes-Segunda Sección de Chapultepec.

Se realizó también el paso vehicular inferior carretera México-Toluca con Av. Carlos Echánove.

En la estrategia de modernización del Circuito Interior se consideró la construcción de cinco puentes viales en intersecciones críticas ubicadas en el arco sur, y así permitir una conectividad más eficiente.

Los puentes vehiculares se localizan en los siguientes cruces viales.

- Revolución Molinos-Extremadura-Circuito Interior.
- México Coyoacán-Circuito Interior.
- Ermita-Las Torres-Circuito Interior.
- Trabajadoras Sociales ( Eje 6 Sur )-Circuito Interior.
- Purísima ( Eje 5 Sur )-Circuito Interior.

En la Av. Gran Canal que se construye en el tramo del Eje 3 Norte al Circuito Interior registra avance del 45 % y en el Sistema Vial Oriente, Puente vehicular Av. Chimalhuacán-Periférico Arco Oriente se tiene un avance del 33 %.

En el Estado de México se realizó la Construcción de la Vialidad Mexiquense (paralela a la López Portillo) con una extensión de 18.4 km.

En agosto del 2009 el Distribuidor Vial Periférico-Av Centenario registra un avance del 56 %, que ha tenido una inversión de más de 130 millones de pesos, proporcionados por el Fondo Metropolitano. Esta obra conecta el Estado de México con la Delegación Gustavo A. Madero.

El Viaducto Bicentenario, segundo piso del Periférico norte, inició operaciones en septiembre de 2009 en su primer tramo Toreo-Lomas Verdes de 4.5 kilómetros que requirió de una inversión privada de mil 200 millones de pesos y por el que circularán diariamente 30 mil vehículos. En agosto de 2010 se concluirá el segundo tramo de 17 kilómetros de longitud, que llegará hasta Tepalcapa, municipio de Cuautitlán Izcalli. Esta vía tendrá 13 salidas y accesos y una inversión total de 4 mil 220 millones de pesos.

Finalmente con el fin de alcanzar la meta de incrementar en el Distrito Federal los viajes en bicicleta de 1% (1000 000 viajes/día) al 5% (500 000 viajes/día) para el año 2012, se ha proyectado la construcción de 300 Km de ciclovías para dicho año, además de los 90 km que ya se encuentran en operación. El Plan Estratégico para Ciclovías se elaboró en conjunto con la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

### Beneficios.

La construcción de las vialidades mencionadas beneficia a los habitantes de la ZMVM, puesto que disminuyen las emisiones de contaminantes en más de 100 000 ton/año (Cuadro 4.33), se reduce el consumo de combustibles y aumenta la fluidez al tránsito de vehículos automotores.

Cuadro 4.34. Instrumentación de la medida G3-5-PT37

Reducción de emisiones ton/año					
Vialidad	HCT	CO	NOx	PM <sub>10</sub>	Total
Segundo piso	3 478	24 247	4 982	60	32 767
Segundo piso (2a etapa)	3 478	24 247	4 982	60	32 767
Distribuidor Vial Ing. Heberto Castillo Martínez	1 634	11 396	2 342	28	15 400
Puentes Vehiculares de Santa Fe	1 043	7 274	1 495	18	9 830
Distribuidor vial San Antonio	1 739	12 123	2 491	30	16 383
<b>Total</b>	<b>11 372</b>	<b>79 287</b>	<b>16 292</b>	<b>196</b>	<b>107 147</b>

### Recomendaciones.

Continuar la construcción de las vialidades que incrementen la conectividad entre el Distrito Federal y el Estado de México, en particular en zonas marginadas. Realizar estudios de velocidad y aforo vehicular para reducir la incertidumbre de los inventarios de emisiones.

Clave: G3-1-PT38
Medida terminada

### 38. GESTIÓN Y COORDINACIÓN PARA MEJORAR LA CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DE LOS PARADEROS DE LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 3-Vialidad.

#### Objetivo.

Dotar de infraestructura para el transporte público de pasajeros, así como mejorar las condiciones físicas y operativas de los centros de transferencia modal de operación.

#### Instituciones Involucradas.

SETRAVI, SOSP-GDF, SDUOP-GEMEX, SCT-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

En el Distrito Federal existen 45 Centros de Transferencia Modal (CETRAM) con más de 200 rutas y se tiene 23 mil unidades de las cuales el 45% provienen del Estado de México.

En abril de 2004, se concluyeron los trabajos de rehabilitación de las instalaciones e infraestructura del Centro de Transferencia Modal (CETRAM) de la estación Santa Anita del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Metro. Igualmente, en mayo del mismo año, se iniciaron los trabajos de mejoramiento de los Anexos del cuerpo "A" y cuerpo "B" del CETRAM Pantitlán, ubicados en esa Delegación. Este último se inauguró en enero de 2005.

Se concluyó el proyecto de rehabilitación del CETRAM Boulevard Puerto Aéreo, en la que participaron la Delegación Venustiano Carranza, la Secretaría del Medio Ambiente y la Dirección General de Servicios Urbanos del GDF.

El Gobierno Federal y del Distrito Federal rehabilitaron tres de los cinco Centros de Transferencia Modal (CETRAM) ubicados en la Calzada Ignacio Zaragoza, considerado uno de los corredores estratégicos de ingreso al Distrito Federal, mejorando la vialidad con la eliminación de bases irregulares sobre la vía primaria.

Como parte de la remodelación de 17 de los 46 CETRAM, en el mes de septiembre del 2007 iniciaron los trabajos de rehabilitación del CETRAM Pantitlán, con una inversión de 37 millones de pesos del Fondo Metropolitano. El proyecto incluye la construcción de un módulo de vigilancia y un sistema de monitoreo a través de cámaras de video y alarmas electrónicas en todo el paradero, para dar más seguridad al usuario. Los trabajos de remodelación contemplan además la renivelación de guarniciones y banquetas, instalación de sanitarios, renovación de alumbrado público y drenaje, y la reparación de cobertizos y rejillas. Para dar mayor fluidez al tránsito de las 3 mil 500 unidades de transporte que confluyen en el paradero, se reubicarán también algunas rutas dentro del mismo CETRAM, en principio serán las de la zona sur, en las lanzaderas A y B que conectan con las líneas A y 9 del Metro, en el perímetro de la Delegación Venustiano Carranza.

Como parte de los trabajos de rehabilitación del Centro de Transferencia Modal (CETRAM) Indios Verdes, en el 2008 se realizó el reencarpetamiento de cerca de 5 mil metros cuadrados de andadores y pasillos; la colocación de banquetas más amplias; así como la instalación de un nuevo alumbrado con una inversión de cerca de 800 mil pesos.

La puesta en marcha de la línea 2 del Metrobús, que correrá de Tacubaya a Tepalcates, incluye la renovación del paradero de Tepalcates que inició en el 2008.

El 25 de noviembre del 2009, en el Estado de México Impulsora del Desarrollo y el Empleo en América Latina (IDEAL) y Grupo Carso, pusieron en marcha la primera etapa del proyecto de ordenamiento de transporte multimodal del Mexipuerto Ciudad Azteca Bicentenario, con una inversión inicial de 670 millones de pesos.

Un moderno esquema de alianza inmobiliaria inició en el 2009 la modernización de cuatro centros de Transferencia Modal (Cetram): El Rosario, Zaragoza, Martín Carrera y Politécnico Nacional. El paradero "El Rosario" se modernizará con una inversión de 1,800 millones de pesos, en un lapso de tiempo de un año, con una movilidad de 200 mil usuarios diariamente.

De acuerdo con informes de la Secretaría de Finanzas, se puso en marcha a principios de este año el proceso de búsqueda de socios estratégicos especializados en centros comerciales para detonar un nuevo modelo de negocio en los paraderos del transporte público. En julio del 2009 el jefe de Gobierno del Distrito Federal anunció que se estudia la modernización de 15 paraderos mas siguiendo este esquema financiero.

## Beneficios

El CETRAM Indios Verdes alberga a 52 rutas del Estado de México y 17 del Distrito Federal, donde transitan diariamente cerca de 4 mil 500 unidades. Adicionalmente, 700 comerciantes liberaron estos paraderos, con lo que se marcó el inicio de los trabajos a realizarse en materia de mejoramiento de la imagen urbana en los Centros de Transferencia Modal.

El Mexipuerto Ciudad Azteca Bicentenario, permitirá ahorros de dos a tres horas por día a los 150 mil usuarios de la terminal B del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

## Recomendaciones.

Continuar con la modernización de la infraestructura de los paraderos en operación, ya que estos reducen el tiempo de recorrido, disminuyendo así la emisión de contaminantes.

## Documentos de Referencia

- Banco de México. Expectativas de los especialistas en economía. 2008. México: Banco de México.
- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2002. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010
- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2004. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010-Informe Ejecutivo de Avances 2002-2003. México: COMISIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA.
- EPA\_01. Regulatory Impact Analysis - Control of Air Pollution from New Motor Vehicles: Tier 2 Motor Vehicle Emissions Standards and Gasoline Sulfur Control Requirements. EPA420-R-99-023, United States: U.S. Environmental Protection Agency, 1999.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal, 30 de junio de 2008, 17a época ed.: 50-77. Programa de verificación vehicular obligatoria para el segundo semestre del año 2008.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. Modificación al Programa de verificación vehicular obligatoria para el segundo semestre del año 2008.» 17 de Septiembre de 2008, 17a época ed.: 4-6.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. «Programa de verificación vehicular obligatoria para el segundo semestre del año 2009.» Gaceta Oficial del Distrito Federal, 30 de junio de 2009: 3-30.
- fsuburbanos. Presentación del Tren suburbano. [www.fsuburbanos.com](http://www.fsuburbanos.com), (último acceso: 25 de Septiembre de 2009).
- Hernández, A. Tesis: Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios. México, 2009.
- IAL. Revisión crítica de la información sobre la restricción vehicular sabatina. México: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2007.
- Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-1999, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.» Diario Oficial, 9 de Julio de 1999.
- Norma Oficial Mexicana NOM-048-SEMARNAT-1993 que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo provenientes del escape de motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible...» Diario Oficial, 23 de abril de 2003.
- Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, y partículas provenientes del escape de vehículos automotores cuyo peso b.» Diario Oficial, 7 de septiembre de 2005: 1-14.
- Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006 que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, Diario Oficial, 12 de octubre de 2006
- Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.» Diario Oficial, 6 de Marzo de 2007: 35-41.

- SETRAVI. 2005. Anuario del Transporte y la Vialidad 2004. México: Secretaría de Transportes y Vialidad.
- Sector Comunicaciones, Obras y Acciones, GEM. 2009. Presentación de avances del sector de Comunicaciones.
- SMA-GDF. 2005. Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002. México: Secretaría del Medio Ambiente.
- SMA-GDF. 2005. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Informe de la calidad del aire en la Zona Metropolitana.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2006. Informe de resultados 2000-2005 y acciones 2006 en la Calidad del Aire.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2007. Primer Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.
- SMA-GDF. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México: Secretaría del Medio Ambiente, 2008.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2008. Segundo Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Tercer Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.
- SMA-GDF. Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2009.
- SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente. (Último acceso: 10 de 11 de 2009).  
<http://www.sma.df.gob.mx/transportesustentable/pruebastecnologia>
- SMA-GDF. Documento: Microbuses sustituidos en el marco del PROAIRE 2002-2010. reporte, México: Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2009.

## 4.2 MEDIDAS DE INDUSTRIA

Clave: G1-1-PI1

Medida detenida

### 1. RECONVERSIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios.

#### Objetivo

Reducción de las emisiones contaminantes mediante la sustitución de combustibles de alto contenido de azufre y reconversión tecnológica.

#### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SE-GEMEX, Agencias de Cooperación Técnica, Asociaciones de Cámaras Industriales.

#### Actividades realizadas

Este esfuerzo comenzó en el año 2000 con la conversión de industrias que consumían diesel y cambiaron a gas natural. En el año 2003 se realizaron reuniones con los distribuidores de gas natural para analizar la ubicación de las redes de distribución y para evaluar la factibilidad de que más empresas cambiaran a dicho combustible en sus procesos de combustión (Cuadro 4.34).

En cuanto a empresas de jurisdicción local, el 26 de marzo de 2007 el Ejecutivo del Gobierno del Distrito Federal, puso en marcha el sistema de conversión de diesel a gas natural, en la planta de asfalto del Distrito Federal, ubicada en la delegación de Coyoacán con lo cual se disminuye anualmente el consumo de diesel en alrededor de 4600 m<sup>3</sup> de diesel por año.

Al año 2008 de acuerdo con los datos registrados en la Licencia Ambiental se identificó que 74 industrias dejaron de consumir diesel y que 58 industrias realizaron una reconversión total de diesel a GLP o a gas natural.

Cuadro 4.35. Instrumentación de la Medida G1-1-PI1

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Estudio factibilidad de cambio de combustible en industrias								
Reconversión de industrias de diesel a gas								
Conversión de diesel a gas natural en la planta de asfalto del GDF								

#### Beneficios

Al sustituir diesel por gas natural se reducen en 80% las emisiones de PM<sub>10</sub>, en 79% las emisiones de NOx, 70-80% de CO y SO<sub>2</sub> de las empresas que realizaron el cambio (Cuadro 4.35).

La reducción de emisiones por las 74 industrias que dejaron de consumir diesel se estima en alrededor de 165 ton/año.

En cuanto a la reducción de emisiones alcanzada por la reconversión de la planta de asfalto, para el 2008 se dejan de emitir a la atmósfera 12 ton/año de  $PM_{10}$ , 3 ton/año de  $SO_2$  y 11 ton/año de  $NO_x$ .

Cuadro 4.36. Reducciones por la Medida G1-1-PI1

Reducción ton/año (74 industrias)				
	$PM_{10}$	$SO_2$	$NO_x$	Total
Antes del 2008	8.85	40.51	194.76	244.12
2008	4.96	0.36	74.01	79.32
Diferencia	3.89	40.15	120.75	164.79

### Recomendaciones

Realizar un nuevo estudio de factibilidad para la posible reconversión de nuevas industrias y promover con mayor énfasis la eliminación a futuro del consumo de diesel por el sector industrial y de servicios.

Clave: G1-2-I2

Medida en curso

## 2. CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES EN EL SECTOR INDUSTRIAL.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios.

### Objetivo

Reducir las emisiones de PM<sub>10</sub> e HC generados en procesos industriales, así como los NOx generados por combustión en el sector industrial, mediante la incorporación de tecnologías más limpias.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SENER, SEDEMED, SHCP, CMP+L, PROFEPA, CFE/LFC, IMP, Asociaciones de Cámaras Industriales

### Actividades realizadas

La SMA-GDF, a través de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire (DGGCA) y la Dirección General de Regulación Ambiental (DGRA) ha promovido con 642 industrias el Programa de reducción de emisiones en la industria exentando del PCAA a aquellas que reduzcan en forma importante sus emisiones a la atmósfera. Una vez aprobada la exención el trámite de renovación debe realizarse cada año.

De las 60 empresas exentadas en el 2009, 30 pertenecen al giro de productos alimenticios, bebidas y tabaco, 2 a la industria textil, prendas de vestir e industrias del cuero, 1 al giro de la industria de la madera y productos de la madera, incluye muebles, 6 pertenecen al giro de la industria del papel y productos de papel, imprentas y editoriales, 12 pertenecen al giro de sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico, 6 al giro de productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón, 1 que pertenece a la industria metálica básica y 2 que pertenecen a la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo, incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión.

Para alcanzar la reducción de emisiones las empresas instalaron equipos de control, modificaron parcialmente sus procesos o cambiaron de combustible líquido a gaseoso. Cabe mencionar que de las industrias de jurisdicción del GDF que más contaminan el aire, a catorce de ellas se les otorgó la exención al PCAA, debido a que han cumplido con los requisitos solicitados e implementado equipos de control de emisiones en sus procesos productivos y/o han cambiado de combustible.

Para contribuir en la reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) que promueven a la formación del ozono y dar mayor certidumbre a la gestión ambiental en la regulación del uso y manejo de disolventes se elaboró y publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, la norma NADF-011-AMBT-2007 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de COV en fuentes fijas de jurisdicción del DF que utilizan solventes orgánicos o productos que los contienen. La norma entró en vigor el 24 de marzo de 2009.

Cuadro 4.37. Instrumentación de la Medida G1-2-I2

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Firma Convenio SMAGDF-CANACINTRA								
Reducción de emisiones de las industrias más contaminantes.								
Norma NADF-011-AMBT-2007						proyecto	publicación	aplicación

## Beneficios

Las reducciones estimadas por los controles y modificaciones realizados por la industria para obtener la exención, han sido entre 700 y 4 600 toneladas de contaminantes al año.

Con la aplicación de la norma NADF-011-AMBT-2007, se pretende que, a finales del 2011, dejen de generarse cerca de trece mil toneladas de COVs.

Cuadro 4.38. Reducciones por la Medida G1-2-I2

AÑO	Reducciones anuales (ton/año)			
	No. Industrias exentadas	NOx	PM <sub>10</sub>	COV
2004	17	161	261	479
2005	34	206	905	479
2006	49	176	1710	479
2007	66	222	1977	480
2008	66	176	2850	587
2009	60	201	3774	600

## Recomendaciones

Es importante seguir promoviendo el programa de exención del PCCA con las empresas más contaminantes, mostrando los beneficios del programa.

Se debe incluir en el programa a las industrias que reduzcan las emisiones de COVs. Fortalecer las labores de inspección y vigilancia del cumplimiento de la norma NADF-011-AMBT-2007 en las empresas que utilizan sustancias con altos contenidos de COVs.

Se recomienda aplicar este programa en el Estado de México.

Clave: G1-3-I3

Medida en curso

### 3. INSTRUMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios.

#### Objetivo

Promover programas de ecoeficiencia y de ahorro de energía en la industria, como una herramienta que permita la reducción de emisiones mediante la aplicación de tecnologías limpias.

#### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SENER, SEDEMED, SHCP, CMP+L, PROFEPA, CFE/LFC, IMP, Agencias de Cooperación Técnica, Asociaciones de Cámaras Industriales.

#### Actividades realizadas

Se promovió el programa de Industria Limpia a través del Centro Mexicano para la Producción más Limpia (CMP+L) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) con algunas empresas del DF. En de octubre de 2007 se impartió el Taller de Herramientas de Producción más Limpia para la Industria asistiendo aproximadamente personal de 20 industrias.

Por otra parte, la SMA-GDF suscribió un convenio de colaboración con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, plantel Estado de México, para que éste asesore a las industrias manufactureras del DF en materia de autorregulación, realizando 60 diagnósticos en empresas que permitieron identificar planes y acciones ambientales. A la fecha se han instrumentado acciones de autorregulación en cinco industrias manufactureras, con enfoque hacia el ahorro de agua o energía, optimización de procesos, reducción de emisiones contaminantes y manejo integral de residuos sólidos.

La SMA-GDF obtuvo recursos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) para realizar estudios en el sector industrial y fortalecer capacidades en el tema de energías renovables y de ahorro de energía.

Cuadro 4.39. Instrumentación de la Medida G1-3-I3

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Capacitación a empresas con el CMP+L								
Programa Industria Limpia IPN-Sector Industrial								
Convenio ITESM, Edo. Mex-SMA-GDF								
Cooperación Internacional con USAID								

#### Recomendaciones

Continuar con la promoción de estos programas de producción más limpias enfatizando los beneficios ambientales, ahorro de energía y beneficios fiscales que pueden obtenerse.

Clave: G1-4-I4
Medida terminada

#### 4. CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE REGULACIÓN DE LA INDUSTRIA (SIRG).

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios.

##### Objetivo

Contar con un sistema integrado de información para todos los trámites ambientales.

##### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, Asociaciones de Cámaras Industriales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

##### Actividades realizadas

Con el fin de reducir y agilizar los trámites relacionados con las obligaciones ambientales de la industria y los servicios, en el Distrito Federal se reformó el formato de la Cédula de Operación Anual (COA) como base estructural para establecer la Licencia Ambiental Única o LAUDF. En febrero del 2002 se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el acuerdo por el que se concentran diversas obligaciones ambientales en la LAUDF (descarga de agua, emisiones a la atmósfera, inventario de emisiones, Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), bitácoras de operación, generación de residuos sólidos). En febrero del 2004 se convirtió en el trámite único, y de carácter obligatorio para todas las fuentes fijas ubicadas en el Distrito Federal, con excepción de las clases que se encuentran indicadas en el listado publicado el 10 de septiembre de 2002 en la misma gaceta. El 4 de junio de 2004 se dan a conocer los lineamientos para el ingreso de solicitudes, las respuestas oficiales y el proceso de revalidación de la licencia.

En el Edo. de México, la Cédula de Operación Anual fue sustituida por la Licencia de Funcionamiento y la Cédula de Operación Integral (COI) publicada en la Gaceta de Gobierno del Edo. de México el 5 de noviembre de 2003. Posteriormente, la COI fue modificada para incluir sustancias RETC. Además se establecieron convenios de Asunción de Funciones con los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec y Cuautitlán Izcalli (los municipios más industrializados de la ZMVM) para que estos reciban la COI de las industrias de jurisdicción estatal.

Cuadro 4.40. Instrumentación de la Medida G1-4-I4

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Oct 2009
Instrumentación Licencia Ambiental Única D.F.	Se publica	Voluntaria	Lineamientos obligatoria			Se modifica		
Instrumentación Cédula Operación Integral y Licencia de Funcionamiento GEMEX		Se publica						

---

---

LAUDF nuevas (industrias y servicios)	84	1032	1766	847	651	648	963	815
LAUDF acumuladas (industrias y servicios)	0	1116	2892	3719	4380	5028	5991	N.D.

N.D. No disponible

### Recomendaciones

Realizar acciones tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México para facilitar los trámites a las industrias. Promover la incorporación de las industrias al SIRG y realizar acciones de inspección y vigilancia.

Clave: G1-5-I5
Medida en curso

## 5. FORTALECIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE AUTORREGULACIÓN EN LA INDUSTRIA.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios.

### Objetivo

Incentivar la participación voluntaria para la reducción de emisión de contaminantes a fin de cumplir con niveles más estrictos a los establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SHCP, CMP+L, PROFEPA, asociaciones y cámaras de industriales.

### Actividades realizadas

El fomento de programas de autorregulación y auditoria ambiental y la promoción de la aplicación de incentivos fiscales, a quienes participan en dichos programas de carácter voluntario ( Ley Ambiental del Distrito Federal (Cap. VII, art. 62)) se ha realizado a través de la simplificación de procedimientos técnico-administrativos, de convenios de incentivación otorgando reconocimientos y estímulos, asimismo, se han adaptado los instrumentos de autorregulación para beneficiar a la pequeña y micro industrias que adopten esquemas de calidad total (normas voluntarias ISO 9000 e ISO 14000).

Hasta septiembre de 2009 han participado en el Distrito Federal, 65 establecimientos con la incorporación anual de 9 o 10 empresas nuevas. Las actividades de los establecimientos industriales involucrados son de los giros de comercio, concreto, químicos, manufactureros y de servicio de auto transporte.

Cuadro 4.41. Instrumentación de la Medida G1-5-I5

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Junio 2009
Convenio SMADF-CANACINTRA sobre autorregulación								
Promoción auditoría ambiental voluntaria								
Empresas adheridas al programa de Auditoría Voluntaria, D.F.	5	7	5	2	6	9	9	5

### Beneficios

En el Distrito Federal se fortaleció el marco legal para la aplicación de estímulos fiscales en materia de autorregulación y auditorías ambientales (Art. 293 y 294 CFDF).

Hasta octubre de 2009, 13 empresas recibieron su certificado de Programa de Auditoría Ambiental Voluntaria mismas que redujeron sus emisiones contaminantes en cerca de 250 toneladas anuales, consideradas en la medida 2.

En materia de combustibles, de acuerdo con cifras de la SMA, se dejaron de consumir 96 000 metros cúbicos de diesel y 2.54 millones cúbicos de gas natural, con lo que se redujo la generación de 1.18 millones de toneladas de emisiones a la atmósfera.

En los 18 municipios conurbados del Estado de México ubicados en la ZMVM, 56 empresas estaban inscritas al Programa de Auditoría Ambiental 2002-2008. Los principales giros corresponden a plásticos, metal-mecánicos y alimentos, productos químicos y papel.

### Recomendaciones

Fortalecer la promoción, difusión y programas de capacitación para la autorregulación de la industria.

Clave: G1-6-I6

Medida en curso

## 6. FORTALECER LAS ACTIVIDADES DE INSPECCIÓN Y VIGILANCIA EN LA INDUSTRIA.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios.

### Objetivo

Incrementar las capacidades técnicas, de formación de personal y de equipamiento en la actividad de inspección y vigilancia para obtener mayores niveles de cumplimiento normativo.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX.

### Actividades realizadas

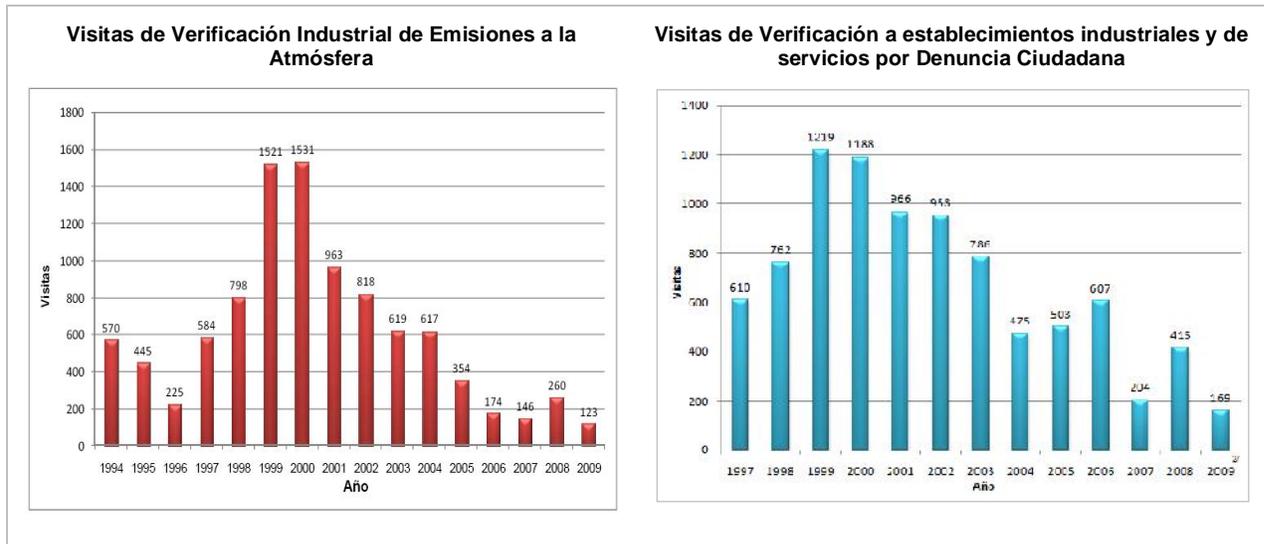
El 19 de enero del 2007 se publicó la reforma al Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal, a través de la cual se crea la Dirección Ejecutiva de Vigilancia Ambiental (DEVA) con el objetivo de prevenir y controlar, a través de mecanismos de inspección y vigilancia, tanto la contaminación ambiental originada por fuentes fijas y móviles competencia del Distrito Federal; como el cambio de uso de suelo que pueda afectar el suelo de conservación y las áreas naturales protegidas del Distrito Federal.

El 7 de diciembre del 2007 se publicó en la Gaceta del Gobierno el Decreto del Ejecutivo del Estado de México por el que se transforma el órgano desconcentrado denominado Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, en organismo público descentralizado. Posteriormente, en diciembre del 2008 se publicó su Reglamento Interno y su manual General de Organización para que la PROPAEM realice su trabajo con mayor transparencia.

De las 100 Unidades de Verificación en materia de Auditoría Ambiental con que cuenta la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA) a finales del 2008, 12 pertenecen al Edo de México y 42 al Distrito Federal.

Cuadro 4.42. Instrumentación de la Medida G1-6-I6

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Creación de la Dirección Ejecutiva de Verificación Ambiental								
Procuraduría de Protección al ambiente del Edo. de México	creación					descentralización		



Fuente. Tercer Informe SMA-GDF, Octubre 2009.

Figura 4.3. Visitas de verificación a establecimientos

## Beneficios

Las inspecciones realizadas en 2007 y 2008 condujeron a la clausura temporal de 26 establecimientos y a la obtención de aproximadamente 1.8 millones de pesos por concepto de multas.

En el Estado de México se clausuraron 48 fuentes fijas en 2008 y 19 fuentes fijas en el primer semestre de 2009, por no contar con estudios de Impacto Ambiental

## Recomendaciones

Continuar con programa de inspección y vigilancia. Realizar estudio de las causas principales de falta de cumplimiento.

Promover el cumplimiento de obligaciones ambientales a través de programas de capacitación en conjunto con cámaras industriales.

Clave: G7-6-17

Medida detenida

## 7. DISMINUCIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR LAS PLANTAS DE ENERGIA ELÉCTRICA SITUADAS EN LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 7-Energía.

### Objetivo

Disminuir la emisión de contaminantes por la generación de energía eléctrica en la ZMVM mediante la aplicación de tecnologías más eficientes.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SENER, SEDEMED, SHCP, CMP+L, PROFEPA, CFE/LFC, IMP.

### Actividades realizadas

La CFE repotenció la unidad 4 de la termoeléctrica Valle de México que consiste en operar al 50% el generador de vapor de la Unidad 4 e instalar 3 turbinas de gas que aportan 252 MW adicionales y el calor residual de las mismas generará el 50% restante del vapor requerido por la turbina de vapor. En mayo del 2007 se hizo la licitación pública para la conversión a ciclo combinado de la Unidad 2 de esta termoeléctrica.

La termoeléctrica Jorge Luque instaló quemadores de bajo NOx en todas las unidades, con un sistema de control automático de combustión y un sistema de monitoreo de NOx que garantiza una emisión no mayor a 88 ppm de estos contaminantes, el cual es menor al establecido por la NOM-085-ECOL/94 de 110 ppm.

El reemplazo de la actual central termoeléctrica convencional Ing. Jorge Luque de 224 MW, por una nueva central de ciclo combinado a gas de 600 MW, con tecnología de punta que incrementaría su eficiencia a casi 51%, reduciendo además de manera más importante la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, teniendo disponible el terreno, infraestructura de gas, agua y red eléctrica asociada.

Cuadro 4.43. Instrumentación de la Medida G7-6-17

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Instalación de quemadores de bajo NOx en la T. Jorge Luque								
Repotenciación de la Unidad 4 en la T. Valle de México								
Licitación para repotenciar Unidad 2 en la T. Valle de México								

### Beneficios

La reducción estimada por la instalación de los quemadores de bajo NOx en la termoeléctrica Jorge Luque alcanzó el 31% de sus emisiones de NOx, misma que corresponden a 216 ton/año.

## Recomendaciones

Promover la instalación de quemadores de bajo NOx en la termoeléctrica Valle de México.

Transparentar la información sobre actividades realizadas y beneficios ambientales del sector eléctrico.

## Documentos de Referencia

- Acciones realizadas por el Grupo de Industria, Comercios y Servicios en el marco del PROAIRE del Valle de México. Elaborado por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la SMAGEM. Vía Gustavo Baz, 2160, Octubre 2009.
- CAM (2004, abril). PROAIRE 02-10: Informe ejecutivo de avances 2002-2003. Dirección de Regulación Ambiental-GDF. Estadísticas. Consultado 30 octubre.  
<http://www.sma.df.gob.mx/laudf/index.php?op=estadisticas>
- Convenio general de colaboración entre el DF y CANACINTRA. Gaceta Oficial del DF, 3 septiembre 2008.
- Decreto del Ejecutivo del Estado por el que se transforma el órgano desconcentrado denominado Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México, en organismo público descentralizado. Gaceta del Gobierno. 7 de diciembre del 2007.
- Gaceta del Gobierno. 8 de marzo del 2004. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SEGM-AE-2004, que regula la exploración, explotación y transporte de materiales pétreos en el Estado de México.
- Gaceta del Gobierno. 2 de octubre del 2006. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-004-SMA-DS-2006, que establece las especificaciones de protección ambiental para las etapas de selección del sitio, construcción y remodelación de estaciones de servicio (gasolineras) en territorio del Estado de México.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. 7 de abril de 2006. Norma ambiental para el distrito federal NADF-008-AMBT-2005 que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías
- Gaceta Oficial. 29 de noviembre del 2006. Norma Ambiental Emergente para el Distrito Federal NAEDF-001-AMBT-2006, que establece el método de prueba para determinar la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina y su límite mínimo permisible, que deberán cumplir los propietarios o responsables de estaciones de servicio y autoconsumo ubicadas en el territorio del Distrito Federal.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal, 19 enero 2007. Modificación del Reglamento Interior de la Administración Pública del Distrito Federal.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. 25 de mayo del 2007. Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-010-AMBT-2006, que establece el método de prueba para determinar la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina y su límite mínimo permisible, que deberán cumplir los propietarios o responsables de estaciones de servicio y autoconsumo ubicadas en el territorio del Distrito Federal.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal, 28 de agosto 2008. Manual para la Aplicación del Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Distrito Federal.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. 24 de diciembre de 2008. Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-011-AMBT-2007, que establece los límites máximos permisibles de emisiones de compuestos orgánicos volátiles en fuentes fijas de jurisdicción del Distrito Federal que utilizan solventes orgánicos o productos que los contienen.

- Informe Miguel Ángel Contreras Nieto, titular PROAEM, 27 de julio 2009.
- NOM-011/1-SEDG-1999, Condiciones de seguridad de los recipientes portátiles para contener Gas LP en uso.
- NOM-012/1-SEDG-2003, Recipientes a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil. Requisitos generales para el diseño y fabricación.
- NOM-012/2-SEDG-2003, Recipientes a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, destinados a ser colocados a la intemperie en plantas de almacenamiento, estaciones de Gas L.P. para carburación e instalaciones de aprovechamiento. Fabricación.
- NOM-012/3-SEDG-2003, Recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, destinados a estaciones de Gas L.P. para carburación e instalaciones de aprovechamiento. Fabricación.
- NOM-012/4-SEDG-2003, Recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, para uso como depósito de combustible en motores de combustión interna. Fabricación.
- NOM-012/5-SEDG-2003, Recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, destinados a vehículos para el transporte de Gas L.P. Fabricación.
- NOM-016-SEDG-2003, Válvula utilizada en recipientes portátiles para contener gas licuado de petróleo. Especificaciones y métodos de prueba.
- NOM-019-SEDG-2002, Aparatos domésticos para cocinar alimentos que utilizan gas L.P. o gas natural. Especificaciones y métodos de prueba.
- NOM-020-SEDG-2003, Calentadores para agua que utilizan como combustible Gas L.P. o natural, de uso doméstico y comercial. Requisitos de seguridad, métodos de prueba y marcado.
- PROFEPA. 2001. Programa de procuración de justicia ambiental 2001-2006.
- PROFEPA. 2008. Industria Limpia: informe anual 2008.
- SMAGEM. 2006, noviembre. Campaña de monitoreo atmosférico en la colonia Jesús del Monte, municipio de Huixquilucan, Estado de México. No publicado.
- SMAGEM. 2007. Diagnóstico ambiental de la industria en el Estado de México. No publicado.
- SMA-GDF. 2004. Programa de reducción de emisiones a la atmósfera en la industria.
- SMA-GDF. 2004. Diagnóstico ambiental de los establecimientos manufactureros comerciales y de servicio ubicados en el Distrito Federal.
- SMA-GDF. 2006. Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal: avances y propuestas 2000-2006.
- SMA-GDF. 2007. Primer Informe de trabajo de la SMAGDF
- SMA-GDF. 2008. Segundo Informe de trabajo de la SMAGDF.
- SMA-GDF. 2009. Tercer Informe de trabajo de la SMAGDF
- SMA-GDF. 2009. Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Primer Informe RETC-DF-2006.
- SMA-GDF., Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Avances PROAIRE 2002-2010. Reporte 2009.
- SMA-GDF (varios años). Inventarios de emisiones de contaminantes criterio a la atmósfera de la ZMVM, 2000, 2002 y 2004.
- SEMARNAT. 2006. La gestión ambiental en México.
- SEMARNAT. 2006. Hacia el desarrollo sustentable: avances, retos y oportunidades.
- SEMARNAT. 2006. Restauración de minas superficiales en México.

## 4.3 MEDIDAS DE SERVICIOS

Clave: G1-7-S1
----------------

Medida detenida
-----------------

### 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE HIDROCARBUROS EN LAVANDERÍAS DE LAVADO EN SECO.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios

#### Objetivo

Impulsar el uso de sistema cerrado en el proceso de lavado, centrifugado y secado, para reducir la emisión de hidrocarburos, así como evaluar los efectos en la salud producidos por estas emisiones.

#### Instituciones Involucradas:

SMA-GDF, SEDUVI, SEDUOP-GEMEX, SE-GEMEX, CANALAVA.

#### Actividades realizadas

La GTZ realizó el diagnóstico y caracterización de lavanderías y tintorerías en el Distrito Federal. Posteriormente se elaboró un manual de recomendaciones sobre buenas prácticas de operación para el manejo ambiental en las tintorerías de lavado en seco, y se evaluó en conjunto con 17 agremiados de la Cámara Nacional de Lavanderías (CANALAVA) las opciones para el otorgamiento de créditos (a través de programas de PYMES) a los establecimientos que utilizan percloroetileno en su proceso y adquieran sistemas cerrados. Sin embargo no hubo mayor interés por parte de los empresarios de adquirir financiamiento debido a los altos costos del sistema cerrado de lavado, además de que hay diferentes capacidades de inversión entre las franquicias nacionales y transnacionales.

El 24 de diciembre de 2008, se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal la norma NADF-011-AMBT-2007 que establece los límites máximos permisibles de emisiones de COV en fuentes fijas de jurisdicción del DF que utilizan disolventes orgánicos o productos que los contienen. El percloroetileno, que es uno de los disolventes más utilizados en tintorerías está exento debido a su baja reactividad en la producción de ozono. Se solicitó información a la Secretaría de Salud acerca de exposición y buenas prácticas de manufactura para gas nafta.

La CANALAVA realiza actividades de sensibilización entre sus agremiados (que son el 5% del total de este tipo de establecimientos) para impulsar la utilización de tecnologías ambientalmente amigables en el sector de lavanderías y tintorerías, sin embargo en los últimos años muchas lavanderías y tintorerías han cerrado pues son menos requeridos sus servicios.

Cuadro 4.45. Instrumentación de la Medida G1-7-S1

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Diagnóstico del sector								
Manual de recomendaciones para el manejo ambiental en las tintorerías de lavado en seco								
Impartición de cursos a CANALAVA sobre Gestión Ambiental rentable.								
Se propuso esquema de financiamiento								
Publicación de la NADF-011-AMBT-2007								

### Comentarios

Aunque se realizaron la mayoría de las actividades previstas, y se hizo difusión en las microempresas sobre las tecnologías adecuadas, no se obtuvo el beneficio de reducción de hidrocarburos ya que no se han otorgado los créditos ofrecidos por la Secretaría de Desarrollo Económico y un sistema de recuperación de vapores cuesta alrededor de \$500,000 frente a un equipo tradicional cuyo costo es de \$120 000.

### Recomendaciones

Es necesario realizar los estudios de salud sobre exposición a los disolventes usados en estos establecimientos. Esta acción contribuirá a que se le de mayor importancia a este sector y se estudien y ofrezcan nuevos programas de financiamiento que resulten rentables.

Clave: G1-8-S2

Medida en curso

## 2. MECANISMOS DE AUTORREGULACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL EN PEQUEÑOS Y MEDIANOS ESTABLECIMIENTOS.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios

### Objetivo

Incrementar las acciones de gestión ambiental en la micro, pequeña, y mediana empresa que incorporen actividades de prevención de la emisión de contaminantes y obtener una producción más limpia y una gestión ambiental rentable.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SMA-GDF, SDE-GDF, SE-GEMEX, SDE-GEMEX, Cámaras Industriales.

### Actividades realizadas

A través de los diversos convenios firmados entre la SMA-GDF y cámaras industriales se han dado facilidades y asesoría para la regularización ambiental de los pequeños y medianos establecimientos.

De acuerdo con la Comisión Intersecretarial de Política Industrial (CIPI), el Gobierno Federal ofrece 134 programas a las Pymes de los cuales 24 comprenden apoyos y estímulos económicos, 28 se relacionan con capacitación, asistencia técnica y consultoría empresarial y 8 con desarrollo regional y encadenamiento productivo. La Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, decretada el 30 de diciembre del 2002 vino a coadyuvar en el mejoramiento de la administración ambiental de las Pymes. Dicha Ley señala que en la planeación y ejecución de las políticas y acciones de fomento para la competitividad de las Pymes se deben considerar estrategias y proyectos de modernización, innovación y desarrollo tecnológico (Art. 10, Fracc. VI).

Aunque la norma ISO se ha convertido en el estándar mínimo para calidad en los productos, y requisito indispensable para aquellas empresas que deseen integrarse a una cadena de proveeduría internacional, hay un bajo interés de las Pymes mexicanas por adoptar este tipo de esquemas. El 86% de las Pymes no cuentan con ningún tipo de certificación. Así mismo, aún la certificación más común (la ISO 9000) no es utilizada por más del 10% de las empresas del sector. Los porcentajes para las otras versiones de la ISO apenas llegan al 2%. De forma similar, menos del 1% de las empresas manufactureras cuentan con el certificado de Industria Limpia de la PROFEPA.

Al interior de los gobiernos del DF y Estado de México, se tiene implementado el Sistema de Administración Ambiental y el Programa Sustentable de Ahorro de Recursos, respectivamente que se enfoca a cuatro aspectos fundamentales: agua, energía, materiales (compras verdes) y residuos.

### Recomendaciones

En la actualidad no hay suficientes incentivos o fuentes de financiamiento económicas que promuevan el interés de las medianas y pequeñas empresas en autorregularse, por lo que es necesario que la CAM fomente y promueva medidas para que sea rentable la mejora en el desempeño ambiental. Así mismo se requiere financiamiento económico y un programa continuo de capacitación y asesoría tecnológica.

Clave: G1-9-S3

Medida detenida

### 3. CAPACITACIÓN EN PRÁCTICAS EFICIENTES DE COMBUSTIÓN EN ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES Y DE SERVICIOS QUE CUENTEN CON CALDERAS.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios

#### Objetivo

Mejoramiento de la combustión en las calderas para reducir emisiones de CO, NOx y partículas.

#### Instituciones Involucradas:

STPS, SMA-GDF, SE-GEMEX, CAM, IMP y Cámaras Industriales.

#### Actividades realizadas

La GTZ en coordinación con CANACINTRA promovió esta medida. En la cual se impartieron cursos teóricos de capacitación continua. La Secretaría del Trabajo y Previsión Social y el IMP propusieron otros cursos de interés que podrían impartirse en caso de existir demanda de los sectores tales como. Se identificaron los giros que pueden participar en la capacitación de manera piloto a través de sus cámaras. Estos fueron: hoteles, baños públicos y clubes deportivos. Se detectaron las necesidades de revisar la normatividad existente y determinar el costo de capacitación por fogonero.

Dentro de la identificación de las barreras para la instrumentación de esta medida están los altos costos de la capacitación y la demanda por parte de los empresarios.

#### Comentarios

Hace falta que el sector industrial se involucre con este tipo de acciones ya que las autoridades gubernamentales hacen promoción sobre la eficiencia en el uso de combustibles en las calderas pero el industrial tiene poco interés en el tema por lo que la implementación de un programa de incentivos fiscales podría motivarlos.

#### Recomendaciones

Aunque al inicio del programa se impartieron cursos de capacitación para la optimización de la combustión, se requiere un programa continuo de capacitación accesible para los distintos establecimientos sobre la tecnología actual para la combustión eficiente. La publicación de la norma mencionada puede ser un estímulo importante para que los dueños de los establecimientos se interesen nuevamente en ampliar su conocimiento sobre la tecnología actual y las ventajas ambientales de la misma.

Clave: G7-4-S4

Medida en curso

#### 4. REDUCCIÓN DE EMISIONES POR FUGAS DE GAS LP EN INSTALACIONES DOMÉSTICAS DE LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 7-Energía.

##### Objetivo

Abatir las emisiones de hidrocarburos generadas por las fugas de gas LP en instalaciones domésticas, así como evaluar los efectos producidos en la salud dentro de los hogares.

##### Instituciones Involucradas

SENER, SS, PROFECO, CAM, SMA-GDF, SMA-GEMEX, distribuidores locales de GLP y particulares.

##### Actividades realizadas

Los avances obtenidos del Programa de reposición y destrucción de cilindros portátiles cuya fabricación no cumpla con la norma NOM-011-SEDG-1999 impulsado por la Secretaría de Energía, Secretaría de Economía, las Asociaciones de distribuidores, la Cámara Regional de Gas, A.C., las Asociaciones de fabricantes de cilindros portátiles, los fabricantes de lámina de acero, así como los fabricantes de válvulas; indican que a junio de 2006, el programa de sustitución llegó a un avance del 99% en la ZMVM con 3 060 000 cilindros renovados. Así mismo, se ha reducido el número total de cilindros, en el año 2000 había alrededor de 5.8 millones de cilindros, frente a 3.1 millones que hay actualmente.

Los cilindros dañados se destruyeron y enviaron como chatarra a industrias siderúrgicas. Aunque hasta el 2006 la SENER autorizaba el uso de tanques genéricos (de lámina más gruesa pero menos resistente y sin troquel de identificación), a partir del 2007 todos los envases deben cumplir con la norma y estar troquelados.

Para disminuir las fugas de gas, principalmente en casas-habitación, a principios del año 2004 se puso en operación el "Programa de Operador Capacitado", para reforzar los sistemas de seguridad en las instalaciones de transporte, almacenamiento y distribución.

En el 2008 un total de 897 cilindros y tanques estacionarios de GLP, bajo el resguardo del Heroico Cuerpo de Bomberos del Distrito Federal, por diversas averiguaciones previas se entregaron a la empresa Gas y Servicio para su destrucción.

Aunque no estaba previsto en las actividades de esta medida, se ha reforzado, actualizado y modificado la normatividad relativa al manejo, uso y comercialización de GLP.

Así mismo, con el fin de disminuir accidentes causados por fugas de GLP, a través del Gabinete de Protección Civil se realiza desde 2007 una intensa campaña para apoyar medidas preventivas que permitan a la población saber qué hacer en caso de presentarse un incidente con este combustible.

Cuadro 4.46. Instrumentación de la Medida G7-4-S4

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Sustitución de contenedores defectuosos								
Programa "Operador capacitado"								
NOM-019-SEDG-2002, Aparatos domésticos para cocinar alimentos que utilizan gas L.P. o gas natural. Especificaciones y métodos de prueba.								
NOM-012/1-SEDG-2003, Recipientes a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil. Requisitos generales para el diseño y fabricación.								
NOM-012/2-SEDG-2003. Fabricación de recipientes a presión para Gas L.P., no portátil, para la intemperie en plantas de almacenamiento, estaciones de Gas L.P.								
NOM-012/3-SEDG-2003, Fabricación de recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, destinados a estaciones de Gas L.P. para carburación e instalaciones de aprovechamiento.								
NOM-012/4-SEDG-2003, Fabricación de recipientes sujetos a presión para Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, para uso como depósito de combustible en motores de combustión interna.								
NOM-012/5-SEDG-2003, Fabricación de recipientes sujetos a presión para Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, para vehículos para el transporte de Gas L.P.								
NOM-016-SEDG-2003, Válvula utilizada en recipientes portátiles para contener gas licuado de petróleo.- Especificaciones y métodos de prueba.								
NOM-020-SEDG-2003, Requisitos de seguridad, métodos de prueba y marcado. Calentadores para agua que utilizan como combustible Gas L.P. o natural, de uso doméstico y comercial.								

## Beneficios

Se revisó y actualizó la normatividad relativa al manejo, traslado y comercialización del GLP.

Esta medida, independientemente de los beneficios ambientales tuvo gran relevancia en cuanto a la seguridad de la población.

Se estimó que las acciones mencionadas han permitido reducir las emisiones de COV en aproximadamente 101 ton de contaminantes al año.

## Comentarios

La reducción que se alcanzó se estimó en un 2% debido a que sólo se realizó la práctica de disminución de fugas en los cilindros y no en las otras etapas donde existen estas fugas en los hogares como son las conexiones, mangueras, reguladores y pilotos de estufas. Tampoco se establecieron acciones específicas para evitar fugas en las pipas de distribución y aún persiste la alta emisión de GLP durante la recarga en gases estacionarios debido a la purga de las líneas de gas.

Una de las razones del poco éxito de la medida en cuanto a reducciones se relaciona con la baja capacidad financiera de la población para realizar el mantenimiento o el cambio de sus tanques de gas.

## Recomendaciones

Se requiere reforzar medidas de sensibilización a la población para el cambio no solamente de tanques de gas portátiles, sino también para los estacionarios, principalmente como medida de seguridad. Es imperativo el diseño de actividades que eviten la fuga durante el traslado del GLP a los hogares y que se insista en la capacitación de los operadores que recargan los tanques estacionarios. Para lograr un impacto fuerte en la disminución de la emisión de COVs sería conveniente pensar en programas de financiamiento temporales o acuerdos con los fabricantes para la obtención de descuentos importantes durante un tiempo corto que incentive a una gran demanda para el cambio de la instalación.

Clave: G1-10-S5

Medida en curso

## 5. VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES INSTALADOS EN LAS ESTACIONES DE SERVICIO.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios

### Objetivo

Establecer la normatividad y lineamientos sobre la verificación para la metodología, procedimientos, intervalos de operación y periodicidad de elaboración de pruebas, para la regulación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio.

### Instituciones Involucradas

CAM, PEMEX, SMA-GDF, SE-GEMEX, Asociación Nacional de Gasolineras, responsables de estaciones de autoconsumo, Instituciones de educación e investigación.

### Actividades realizadas

La Norma Oficial Mexicana NOM-092-SEMARNAT-1995 que establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México no contempla los lineamientos para la regulación, supervisión y vigilancia de los sistemas instalados. Por ello, en el Estado de México se detectaron problemas en los sistemas de recuperación de vapores principalmente en la disminución de su vida útil, pasando de 10 a 6 años debido a la falta o a un adecuado mantenimiento.

Se recibió el apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo para la evaluación de las diferentes tecnologías, así como de la verificación del cumplimiento de las estaciones de servicio en cuanto a los parámetros que señala la norma, tales como: tasa volumétrica, hermeticidad y eficiencia. Los resultados son reportados por el IMP tanto a la autoridad ambiental como al responsable de la gasolinera. Para el Edo. de México, el cumplimiento de la norma oficial permite, la renovación de la licencia de funcionamiento.

El 2 de octubre del 2006, se publicó en la Gaceta del Gobierno, la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-004-SMA-DS-2006, que establece las especificaciones de protección ambiental para las etapas de selección del sitio, construcción y remodelación de estaciones de servicio en el territorio estatal. Dicha norma establece la obligatoriedad de la instalación de los sistemas de recuperación de vapores en 59 municipios de la ZMVM, a diferencia de los 36 que establece la NOM-092-SEMARNAT-1995.

El 29 de noviembre del 2006 la SMAGDF publicó la Norma Ambiental Emergente para el Distrito Federal NAEDF-001-AMBT-2006, que establece el método de prueba para determinar la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores (SRV) de gasolina y su límite mínimo permisible, que deberán cumplir los propietarios o responsables de estaciones de servicio y autoconsumo ubicadas en el territorio del DF. Lo anterior, para cubrir lo no previsto por la NOM-092-SEMARNAT-1995 en cuanto a pruebas periódicas, ni los mecanismos de seguimiento aplicables a los SRV. Posteriormente, el 25 de mayo del 2007 se publicó en la Gaceta Oficial la norma ambiental NADF-010-AMBT-2006 que establece el método de prueba para determinar la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina y su límite mínimo permisible que deberán cumplir los propietarios o responsables de estaciones de servicio y de auto consumo ubicadas en el Distrito Federal.

En el periodo 2001-2003 se realizaron en el Distrito Federal 23 visitas de verificación y seguimiento que llevaron a 6 clausuras temporales totales por infracciones a la legislación y normatividad ambiental. Se otorgaron certificados de cumplimiento de recuperación de vapores al 94% de las 307 estaciones de servicio registradas en el Distrito Federal actualizándose los procedimientos operativos en la aplicación de este programa.

La Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la SEMARNAT tiene previsto, como parte del Programa de Normalización 2009, revisar la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SEMARNAT-1995 con el fin de normar los niveles que deberán cumplir los equipos en operación.

Cuadro 4.47. Instrumentación de la Medida G1-10-S5

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Evaluación, seguimiento y verificación de eficiencia								
Capacitación del personal								
Establecimiento de la normatividad en el Edo. Mex NTEA-004-SMA-DS-2006								
Establecimiento de la normatividad en el D.F. NAEDF-001-AMBT-2006 (emergente)								
Establecimiento de la normatividad en el D.F. NAEDF-010-AMBT-2006								

## Beneficios

Con esta medida se ha logrado mantener la eficiencia de los CRV. Se estimó una reducción de 13 760 toneladas de COVs al año, además de disminuir el riesgo por la exposición a los vapores de gasolina tanto de los operadores de las gasolineras como de los usuarios.

## Recomendaciones

Aunque se estableció la normatividad en el Distrito Federal en el Estado de México no aplica esta norma ya que es una norma local, por lo que es necesario que se homologue en las dos entidades, por ello, es importante unificar los sistemas normativos entre el Estado de México y el Distrito Federal.

Clave: G1-11-S6

Medida terminada

## 6. REGULACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE EXTRACCIÓN EN BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS NO CONSOLIDADOS.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios

### Objetivo

Regular las actividades asociadas a la extracción, manejo y almacenamiento de materiales pétreos no consolidados, para reducir la emisión de partículas a la atmósfera.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, CAM, SDUVI, SE-GEMEX, SDE-GEMEX.

### Actividades realizadas

Esta acción sólo la realizó el Estado de México, mediante la elaboración de la normatividad para regular la extracción de estos materiales en bancos ubicados en los municipios del Estado.

En 1998 los bancos de materiales pétreos localizados en los municipios conurbados del Edo. de México emitieron en total 15,006 toneladas de contaminantes al aire, de las cuales 4,633 t correspondieron a partículas suspendidas totales, 1,901 t a PM10 y 8,472 t a NOX. Así mismo respecto al total, el municipio de Ixtapaluca contribuyó con el 48%; Huixquilucan, 19.5% y Tlalnepantla con 10%.

La SMA-GEM, por conducto de la Unidad Móvil de la RAMA-Toluca, llevó a cabo un estudio de cinco contaminantes criterio del 15 al 28 de noviembre del 2006 en la colonia Jesús del Monte, frente a la Compañía Gravamex y el fraccionamiento Los Sauces, en el municipio de Huixquilucan donde existen 16 areneras y ocho concreteras. Durante los 14 días del periodo de muestreo se rebasó la norma horaria de PM10 ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio móvil de 24 horas), con máximos diarios de entre  $159.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $421.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , duplicando o triplicando el valor de la norma en ciertos días.

La PROPAEM impuso diversas medidas de mitigación las cuales consisten en el traslado de arena y grava mediante camiones tapados con lonas y el riego de las avenidas por parte de las empresas para evitar el levantamiento del polvo.

El 8 de marzo del 2004, se publicó en la Gaceta del Gobierno, la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-002-SMA-AE-2004 que regula la exploración, explotación y transporte de materiales pétreos en el Edo. de México. En el punto 5.4 de dicha norma se establece lo referente a la rehabilitación ecológica. Por su parte las cámaras regionales de la industria arenera del Distrito Federal y el Estado de México se comprometieron a rehabilitar los terrenos explotados.

La Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental-SEMARNAT, en el 2006 publicó el documento técnico Restauración de minas superficiales en México, en el cual se analiza la problemática referente a la restauración de minas abandonadas y al manejo integral de los impactos ambientales y sociales de los futuros proyectos.

Cuadro 4.48. Instrumentación de la Medida G1-11-S6

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Actualización del Inventario de Emisiones								
Establecimiento de normatividad								
Estudio de dispersión de partículas								
Aplicación de medidas de control para partículas								

### Beneficios

El Estado de México reguló todos los bancos de materiales los cuales deben cumplir la normatividad, sin embargo, no hay un esquema de seguimiento y tampoco se cuenta con la información de las reducciones alcanzadas.

Clave: G8-4-S7
Medida terminada

## 7. LINEAMIENTOS PARA EL USO DE COMBUSTIBLES Y LA OPERACIÓN DE HORNOS ARTESANALES PARA LA FABRICACION DE TABIQUE.

Grupo de trabajo responsable: 8-Normatividad

### Objetivo

Controlar y regular la operación de cocción artesanal de tabique, ladrillo, teja, loza y similares, para la reducción de las emisiones fijas y puntuales a la atmósfera generadas por los diferentes tipos de materiales que se utilizan como combustible.

### Instituciones Involucradas:

SS, SE-GEMEX, Municipios del Estado de México y productores artesanales de tabique y similares.

### Actividades realizadas

Esta acción sólo la realizó el Estado de México, mediante la elaboración de la normatividad para regular la utilización de los combustibles utilizados en la fabricación de tabique.

En 2004 las autoridades ambientales del Estado de México realizaron un inventario de emisiones de la Zona Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco, en el que se dio a conocer que las 500 ladrilleras que se estimaba había en el área conurbada generaban anualmente 5 mil 82 toneladas de PM<sub>10</sub>. Esa actividad, producía al año 4 mil 552 toneladas de monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno emitían las ladrilleras por año 2 mil 296 toneladas.

El Estado de México publicó la norma que contempla la instalación de dosificadores de aserrín y se prohíbe el uso de materiales peligrosos como combustible.

### Beneficios

Mediante la puesta en marcha de 420 equipos dosificadores de combustible seco articulado y 50 molinos de trituración y acondicionamiento de combustible de origen orgánico, el Gobierno del Estado de México estimó que en su momento se redujeron los contaminantes en 53%, es decir, se dejaron de emitir 5 mil 400 toneladas de contaminantes por año.

### Comentarios

No se ha dado seguimiento y vigilancia y los productores han dejado de utilizar los dosificadores pues el proceso es más costoso y actualmente se utiliza cualquier tipo de combustible. La nueva tecnología es costosa y la mayoría de los ladrilleros no invierten porque no tienen suficientes recursos, sin dejar de resaltar que el equipo requiere energía eléctrica y muchas de las ladrilleras artesanales no cuenta con el servicio. No se han realizado mediciones de los contaminantes emitidos, tampoco se sabe cuántas ladrilleras operan durante todo el día, ni se conoce el impacto real a la atmósfera de estas emisiones.

### Recomendaciones

Es necesario determinar los factores de emisión de las ladrilleras y elaborar esquemas de vigilancia. Realizar un estudio para conocer el tipo y cantidad de contaminantes tóxicos emitidos.

Clave: G7-5-S8

Medida en curso

## 8. PROMOVER EL USO DE ENERGÍA SOLAR EN SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES.

Grupo de trabajo responsable: 7-Energía.

### Objetivo

Promover el uso de sistemas de calentamiento solar en hogares, servicios y procesos industriales de la ZMVM para reducir el consumo de combustibles fósiles y sus emisiones a la atmósfera.

### Instituciones Involucradas

CAM, CONAE e Instituciones educativas y de investigación.

### Actividades realizadas

Se publicó la norma para el Distrito Federal NADF-008-AMBT-2005, que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías. Esta Norma Ambiental tiene por objeto establecer los criterios para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua; los requerimientos mínimos de calidad; las especificaciones técnicas de instalación, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas para calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar.

Esta norma se aplica a albercas, fosas de clavados y que hayan iniciado operaciones después del 7 de abril de 2006 operaciones a partir del día siguiente de la publicación de la presente norma y a establecimientos que realicen la remodelación total de sus instalaciones en el Distrito Federal, que requieran agua caliente para realizar sus actividades.

Del 29 de mayo al 30 de junio del 2006, se impartieron Sesiones de Capacitación a las 16 Delegaciones relativas a la norma ambiental NADF-008-AMB-2005, para que las Delegaciones, en el ámbito de sus funciones puedan interpretar, cumplan y hagan cumplir adecuadamente, las disposiciones que establece la norma.

En julio del 2006 el hospital de Tacubaya se adhirió de manera voluntaria al cumplimiento de la norma ahorrando de entre 25% y 30% del gasto en combustible y una reducción importante en la emisión a la atmósfera de gases de tipo invernadero. La Dirección general de Administración de la Secretaría de Salud manifestó que de comprobarse que la reducción en el consumo de combustibles es de hasta 30%, se buscará instalar este sistema en los 27 nosocomios de la red hospitalaria de la capital. Otros hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social, como el de traumatología de Magdalena de las Salinas y el Siglo XXI, cuentan ya con este sistema de calentamiento sustentable.

En marzo de 2007 la SENER autorizó la generación de electricidad a pequeña escala permitiendo que las personas físicas y morales puedan generar hasta 10 kilowatts en uso residencial y hasta 30 kilowatts en uso general de baja tensión, y deberán firmar el convenio respectivo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE). La interconexión con el Sistema Eléctrico Nacional será necesaria para que la CFE aproveche la energía que pudiera sobrarle al generador, al tiempo que este seguirá requiriendo del servicio normal cuando no salga el sol.

La resolución por la que se aprobó el modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala fue publicada el 27 de junio del 2007 en el Diario Oficial de la Federación. El contrato tiene 16 cláusulas. Se colocara un medidor que permitirá descontar la energía solar al cobro por electricidad suministrada por CFE, y está contemplada la posibilidad de que el particular obtenga un saldo a favor, que la empresa paraestatal deberá compensarle.

El día 27 de junio de 2007, se publicó en El Diario Oficial de la Federación, la resolución por la que se aprueba el Modelo de Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Solar en Pequeña Escala. Esto con la finalidad de dar cumplimiento al Plan de Desarrollo 2007-2010, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de mayo del 2007, refiriéndose a la estrategia de diversificación de fuentes primarias de generación y el aprovechamiento de fuentes renovables de energía.

Cuadro 4.49. Instrumentación de la Medida G7-5-S8

CRONOLOGIA DE INSTRUMENTACIÓN								
Año	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Proyecto de norma NADF-008-AMBT-2005								
Publicación de norma NADF-008-AMBT-2005								
Capacitación en Delegaciones del D.F.								
Incorporación de hospitales al cumplimiento de la norma								
DOF, 27 junio, 2007. RESOL. No. RES/176/2007								
Seminario Energía Solar USAID/SMA junio 2009								

### Beneficios

Se estima que esta medida proveerá una reducción de 355 mil toneladas de Bióxido de Carbono equivalente al año.

### Recomendaciones

Es necesario seguir promoviendo el uso de la energía solar en el Distrito Federal y el Estado de México, y convendría hacer esta norma obligatoria en el Estado de México. Esta norma se debe promover en otros sectores, por lo que se deben de buscar esquemas que permitan el otorgamiento de incentivos a establecimientos que realicen la reconversión.

Clave: G1-12-S9

Medida en curso

## 9. PROMOVER Y DESARROLLAR INSTRUMENTOS ECONÓMICOS DE FOMENTO AMBIENTAL PARA LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES Y DE SERVICIOS EN LA ZMVM.

Grupo de trabajo responsable: 1-Industria y Servicios

### Objetivo

Implantar instrumentos económicos que promuevan la modernización del proceso productivo y/o fortalezcan el principio de "el que contamina paga" y la autorregulación ambiental, adecuados a la industria y los servicios.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SE, SHCP, SMA-GDF, SE-GEMEX, SDE-GDF, SDE-GEMEX e Instituciones financieras.

### Actividades realizadas

La SMA-GDF revisó las condiciones y oportunidades más viables en la promoción de reformas a la Ley Ambiental y al Código Financiero del DF con el fin de diseñar instrumentos reconocer el esfuerzo y motivar a las empresas que contribuyan a reducir y controlar las emisiones en las tres matrices ambientales, de acuerdo a la normatividad vigente, más allá del cumplimiento de la legislación ambiental. El incentivo fiscal resultante fue la reducción de 50% del impuesto local a la nómina y la exención del pago del impuesto predial para aquellas empresas que realizarán mejoras ambientales.

Desde que inició el Programa de Estímulos Fiscales se recibieron solicitudes de 11 empresas. En 2006 acreditaron apoyos a la reducción fiscal Colgate Palmolive y Televisa San Angel. Bristol Myers y Squibb se sumaron en 2007, al igual que la empresa Cervecería Modelo que recibió estos estímulos reduciendo el 25% del impuesto sobre nómina y el 50% al predial, lo que equivale a un monto total de 11 millones de pesos. Esta empresa concluyó exitosamente el procedimiento de Auditoría Ambiental, ya que instaló tecnología moderna que redujo 125 toneladas al año de sus emisiones contaminantes a la atmósfera. Esta cantidad equivale al 6 % de las 2 mil toneladas totales de contaminantes emitidos en la ciudad por toda la industria de alimentos y bebidas.

En el año 2008 la Cervecería Modelo la primera empresa en el Valle de México autorizada para continuar operando al 100% de la capacidad instalada durante el "Plan de Contingencias Ambientales", cuando se presente una contingencia en su fase 1 por ozono.

En el Estado de México esta medida no se ha aplicado debido a que enfrenta obstáculos legislativos, es decir, se requiere la modificación a la Ley de Ingresos de los Municipios del Estado de México, a la Ley de Ingresos del Estado de México y al Código Financiero del Estado de México. Hasta el momento, el único sector que cuenta con incentivos es el transporte de pasajeros que use gas natural o gas LP (Art. 14 de la Ley de Ingresos del EM). El único incentivo con que cuenta la industria es el subsidio del 100% en el pago del Impuesto sobre Erogaciones por Remuneraciones al Trabajo Personal (Art. 12, ídem).

### Comentarios

Solamente las grandes empresas han sido capaces de acceder a este tipo de estímulos.

### Recomendaciones

Es necesario reforzar la difusión y la facilidad de los trámites administrativos para que empresas medianas, pequeñas y microempresas sean motivadas a un mejor desempeño ambiental. Es importante continuar con los esfuerzos para homologar esta norma con el Estado de México.

## Documentos de Referencias

Acciones realizadas por el Grupo de Industria, Comercios y Servicios en el marco del PROAIRE del Valle de México. 2009. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la SMAGEM. Vía Gustavo Baz, 2160.

CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2002. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010

CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2004. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010-Informe Ejecutivo de Avances 2002-2003. México: Comisión Ambiental Metropolitana,

Dirección de Regulación Ambiental-GDF. Estadísticas. Consultado 30 octubre 2009. <http://www.sma.df.gob.mx/laudf/index.php?op=estadisticas>

DOF, 27 junio, 2007. Resolución No. RES/176/2007. Resolución por la que se aprueba el modelo de contrato de interconexión para fuente de energía solar en pequeña escala.

GODF, 7 abril 2006. NADF-008-AMBT-2005. Que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías.

GODF, 28 agosto, 2008. Manual para contingencias ambientales en la Ciudad de México.

NOM-011/1-SEDG-1999, Condiciones de seguridad de los recipientes portátiles para contener Gas L.P. en uso. Entró en vigor en junio del 2000.

NOM-019-SEDG-2002, Aparatos domésticos para cocinar alimentos que utilizan gas L.P. o gas natural. Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-012/1-SEDG-2003, Recipientes a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil. Requisitos generales para el diseño y fabricación.

NOM-012/2-SEDG-2003, Recipientes a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, destinados a ser colocados a la intemperie en plantas de almacenamiento, estaciones de Gas L.P. para carburación e instalaciones de aprovechamiento. Fabricación.

NOM-012/3-SEDG-2003, Recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, destinados a estaciones de Gas L.P. para carburación e instalaciones de aprovechamiento. Fabricación.

NOM-012/4-SEDG-2003, Recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, para uso como depósito de combustible en motores de combustión interna. Fabricación.

NOM-012/5-SEDG-2003, Recipientes sujetos a presión para contener Gas L.P., tipo no portátil, no expuestos a calentamiento por medios artificiales, destinados a vehículos para el transporte de Gas L.P. Fabricación.

NOM-016-SEDG-2003, Válvula utilizada en recipientes portátiles para contener gas licuado de petróleo.- Especificaciones y métodos de prueba. La cual entró en vigencia a partir de agosto del 2004.

NOM-020-SEDG-2003, Calentadores para agua que utilizan como combustible Gas L.P. o natural, de uso doméstico y comercial. Requisitos de seguridad, métodos de prueba y marcado.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2005. Informe de la calidad del aire en la Zona Metropolitana.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2006. Informe de resultados 2000-2005 y acciones 2006 en la Calidad del Aire.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2007. Primer Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2008. Segundo Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Tercer Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2004. Programa de reducción de emisiones a la atmósfera en la industria.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2004. Diagnóstico ambiental de los establecimientos manufactureros comerciales y de servicio ubicados en el Distrito Federal.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2006. Gestión ambiental del aire en el Distrito Federal: avances y propuestas 2000-2006.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2007. Boletín 756 del Miércoles, 05 de septiembre de 2007

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2007. Primer Informe de trabajo de la SMAGDF

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2008. Segundo Informe de trabajo de la SMAGDF.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Tercer Informe de trabajo de la SMAGDF

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Primer Informe RETC-DF-2006.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Avances PROAIRE 2002-2010.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. (Varios años). Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Inventarios de emisiones de contaminantes criterio a la atmósfera de la ZMVM, 2000, 2002 y 2004.

## 4.4 MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Clave: G2-1-RN1
-----------------

Medida Terminada
------------------

### 1. INSTRUMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO.

#### Objetivo.

Formular los instrumentos sobre el ordenamiento ecológico que permitan inducir el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, evitando aquellas actividades productivas y acciones que generan contaminantes atmosféricos.

#### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GEMEX, SMA-GDF, SEDUVI

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del D.F., Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Estado de México.

#### Actividades realizadas.

El 28 de abril del 2000, la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (ALDF) aprobó el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF), siendo un instrumento relevante que regula el uso del suelo y la conservación de los bienes y servicios ambientales que proporciona el Suelo de Conservación a la población.

De acuerdo con el artículo 33 de la Ley Ambiental del Distrito Federal, el PGOEDF debe revisarse y actualizarse cada tres años, por lo que, dentro de los proyectos de la SMA-GDF, se contempla el desarrollo de un proyecto para su actualización. El proyecto tiene como objetivo contar con un instrumento de política ambiental más acorde con la realidad y dinámica del suelo de conservación y que contribuya a la protección y mantenimiento de éste. El proyecto inició en agosto del 2008; para ello se reunieron ocho secretarías del gobierno central, seis direcciones generales de la SMA-GDF y las nueve delegaciones con suelo de conservación. Dentro de los trabajos preliminares está la instalación del Comité de Ordenamiento y la elaboración de su reglamento y programa de trabajo. Este proyecto da cumplimiento a los compromisos contraídos en la Agenda Ambiental 2007-2012.

Hasta septiembre de 2007 se siguen desarrollando los términos de referencia para la actualización del PGOEDF, ya que desde 2000 no se ha llevado a cabo una revisión y/o actualización del mismo por lo que ha sido rebasado el PGOEDF, en esta misma situación se encuentran los Programas de ordenamiento local teniendo un avance del 45% y 50% respectivamente.

Así mismo, con el objetivo de integrar los criterios y lineamientos del PGOEDF en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano (PDDU) se está elaborando un apartado ambiental, así como los convenios y Acuerdos con las delegaciones respectivas.

Durante 2008 y principios de 2009, se llevaron a cabo las dos primeras etapas para la actualización del PGOEDF: Diagnóstico y caracterización, para lo cual se desarrollaron 15 talleres sectoriales en las 9 Delegaciones con Suelo de Conservación. Durante 2009 se concluirán las dos siguientes fases: Pronóstico y Propuesta de Modelo, una vez concluidas las etapas del ordenamiento, la propuesta será puesta a consulta pública.

La SE-GEMEX actualizó el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México de 1993. La nueva versión se publicó en la Gaceta del Gobierno el 19 de junio del 2006.

El 8 de julio de 2004, se firmó el convenio que establece las bases para la instrumentación del proceso y ejecución del Programa de ordenamiento ecológico regional del volcán Popocatepetl y su zona de influencia, la cual incluye 13 municipios, Amecameca, Atlautla, Ayapango, Cocotitlán, Chalco, Ecatingo, Ixtapaluca, Juchitepec, Ozumba, Temamatla, Tenango del Aire, Tepetlixpa y Tlalmanalco., dentro de los cuales se han encontrado 224 especies.

El Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región del Volcán Popocatepetl y su Zona de Influencia fue publicado en la *Gaceta del Gobierno* el 1 de septiembre del 2006 para comentarios y observaciones, y la versión final el 8 de febrero del 2007.

Algunos avances del Ordenamiento Ecológico del Estado de México se presentan a continuación.

- Se encuentra en proceso de elaboración el Ordenamiento Ecológico Regional de la Cuenca del Valle de México (comprende 56 municipios).
- En Ixtapaluca se publicó en la gaceta municipal el Ordenamiento Ecológico local, y se encuentra en estado de instrumentación.
- En Tlalmanalco el estudio de Ordenamiento Ecológico se ha concluido y está en proceso de publicación en la gaceta municipal.
- En Tecamac el estudio de Ordenamiento Ecológico se ha concluido y está en proceso de publicación en la gaceta municipal.
- En Ecatepec el estudio de Ordenamiento Ecológico se ha concluido y está en proceso de publicación en la gaceta municipal.

### Beneficios.

Los programas de ordenamiento ecológico elaborados permitirán el manejo sustentable de los recursos naturales, la protección de especies animales y la protección del suelo y la vegetación para evitar la contaminación atmosférica que se genera por la erosión eólica.

### Recomendaciones.

Realizar la gestión para finalizar los ordenamientos locales restantes con la colaboración de organizaciones no gubernamentales y con instituciones académicas, así como consolidar los sistemas de monitoreo e inventario de la biodiversidad.

Clave: G2-2-RN2

Medida en curso

## 2. REFUERZO DE LOS INSTRUMENTOS LEGALES EN MATERIA DE USO DE SUELO.

### Objetivo.

Mejorar y crear leyes, reglamentos y normas que regulen los usos apropiados del suelo y contribuyan a la aplicación de los programas de ordenamiento ecológico.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SEDUVI, SMA-GEMEX, SDUOP-GEMEX.

### Actividades realizadas.

En el Distrito Federal, el 31 de diciembre del 2003 se publicó en la *Gaceta Oficial* el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el cual es el instrumento que determina las estrategias, políticas y acciones generales de ordenación de su territorio.

Por otra parte, el Plan Herradura Verde trata el territorio de los extremos oriente, sur y poniente del Distrito Federal. Comprende una serie de lineamientos que permiten la preservación y conservación del medio físico natural y por ende, de los servicios ambientales que presta. Actualmente se ha concluido el Programa de Desarrollo de la Zona Integral Metropolitana Sustentable del Polígono Tláhuac-Xochimilco.

La Sedesol actualizó el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (1998) en el 2002 y 2006. Además, elaboró tres programas de acciones prioritarias de las franjas de integración metropolitana de Huixquilucan-Cuajimalpa (2001), Tlalnepantla-Atzacapozalco (2002) y Tláhuac-Chalco (2003).

El trabajo de Revisión del reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de Ordenamiento Ecológico se concluyó desde el 2002. Sin embargo, se decidió esperar su publicación debido a que estaba en revisión el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal para considerar sus lineamientos en dicho reglamento.

Se elaboró la propuesta de modificación del Programa General de Ordenamiento Ecológico donde se definió la metodología y los instrumentos para la actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F, según lo dispuesto en los artículos 31, 32 y 33 de la Ley Ambiental del Distrito Federal y el artículo 20 Bis 3 de la LGEEPA.

La secretaria del Medio Ambiente inicio el 5 de agosto del 2008, la actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal.

El objetivo fue evaluar y programar desde la perspectiva ambiental los usos del suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales, y las actividades productivas en el suelo de conservación.

El 31 de octubre de 2008, se publicaron en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, las reformas a la Ley Ambiental del Distrito Federal, la cual confiere a la Secretaría del Medio Ambiente las atribuciones para establecer las políticas y lineamientos de integración y operación del cuerpo de policías ambientales. Por lo que el primero de julio de 2009 inició operaciones la Policía Ambiental que se dedicará a proteger el suelo de conservación de nueve delegaciones de la ciudad.

El 13 de marzo del 2002 se publicó el Reglamento del Libro Quinto de Código Administrativo del Estado de México denominado del "Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población". A dicho Reglamento se le han hecho dos modificaciones, la

primera el 16 de abril del 2004; y la segunda, el 21 de febrero del 2006. El Reglamento da pie al establecimiento de normas para desarrollar el Sistema Estatal de Planeación del Desarrollo Urbano, el régimen jurídico de los conjuntos urbanos,

Como parte de las metas del Plan de Desarrollo del Estado de México 1999-2005, se logró que en el 2003 los 18 municipios conurbados de la ZMVM contaran con su Plan Municipal de Desarrollo Urbano. Dichos planes se han venido actualizando conforme al cambio de las administraciones municipales.

### Beneficios

El contar con marcos legales en el Distrito Federal y el Estado de México contribuye a preservar y conservar los recursos naturales, así como a evitar cambios de uso de suelo perjudiciales al medio ambiente y los asentamientos irregulares.

### Recomendaciones.

Se requiere finalizar el Programa de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal y la Ley de Asentamientos Humanos del Estado de México, con la colaboración instituciones académicas y de organismos no gubernamentales.

Clave: G2-3-RN3

Medida en curso

### 3. CONTROL Y ORDENAMIENTO DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS.

#### Objetivo.

Elaborar y actualizar los planes programas y proyectos que permitan ordenar el crecimiento de los asentamientos humanos en la ZMVM.

#### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SEDUVI, SMA-GEMEX, SDUOP-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

Al norte del Distrito Federal se dio el crecimiento más acelerado, siguiendo la autopista y la carretera federal que llega a Pachuca y la zona de las pirámides, incluyendo municipios como Ecatepec, Tecámac, Acolman, Atenco, Tizayuca y San Juan Teotihuacan; pero una vez que se ocuparon los lotes, los cerros, montañas, cañadas y sierras fueron la siguiente opción. Con tal de asegurarse un pedazo de tierra, las zonas montañosas de Ecatepec, Atizapán, Huixquilucan y Tultitlán comenzaron a colonizarse entre 1981 y 1987.

Para dar respuesta a la problemática del crecimiento de asentamientos humanos irregulares, con el consecuente deterioro de los ecosistemas del la ZMVM, fue necesario conocer la magnitud y ubicación del fenómeno. Fueron detectados 840 asentamientos irregulares en 2 500 hectáreas, con más de 43 000 familias y 200,000 habitantes en 9 delegaciones que cuentan con suelo de conservación. Se efectuaron diversas acciones de vigilancia preventiva, vigilancia correctiva, recuperaciones y clausuras. Para dar continuidad y conocer la evolución del problema en el 2008 se reunieron la Secretaria del Medio Ambiente y las nueve delegaciones que cuentan con suelo de conservación para dar inicio a la Actualización del Inventario de asentamientos Humanos Irregulares.

Se han realizado acciones coordinadas con las delegaciones donde existe suelo de conservación y diversas instituciones con la finalidad de detener el crecimiento de la mancha urbana en la demarcación correspondiente. Para esto, la SMA-GDF ha integrado una Comisión conocida como "Crecimiento Cero", en la que participan diversas autoridades administrativas del Gobierno del Distrito Federal, y se analizan los casos de los asentamientos humanos irregulares que existen en cada órgano político administrativo en que se encuentra el suelo de conservación, es decir, en ella se llevan a cabo acciones tendientes a la detección oportuna de asentamientos humanos irregulares y se analiza la procedencia de su recuperación.

A partir de julio de 2009 se inició la actualización del Inventario de Asentamientos Humanos Irregulares desarrollado en 2005 en el Suelo de Conservación del Distrito Federal. A la fecha se han concluido los inventarios de las Delegaciones de Iztapalapa, Gustavo A. Madero, La Magdalena Contreras, Tláhuac y Tlalpan. Durante el segundo semestre de 2009 se concluirán las Delegaciones de Milpa Alta, Alvaro Obregón, Xochimilco y Cuajimalpa.

Se han recuperado más de 85 mil hectáreas de suelo de conservación y se ha contenido el fraccionamiento, construcción e invasión de predios; asimismo, se ha evitado en gran medida el depósito irregular de residuos sólidos dentro de las áreas de conservación y se ha informado a la sociedad de las consecuencias jurídicas que conlleva el contravenir los ordenamientos en materia ambiental.

### Beneficios

El desarrollo de las acciones mencionadas coadyuva a evitar la instalación de asentamientos irregulares en zonas de conservación, así como la tala de árboles y saqueo de tierras.

### Recomendaciones.

Realizar un diagnóstico sobre la situación actual y establecer planes de acción a fin de contener el crecimiento de los asentamientos humanos en la ZMVM. Establecer foros de participación local donde participen autoridades de la ZMVN y población.

Clave: G2-4-RN4

Medida en curso

#### 4. CONTENCION DEL CRECIMIENTO DE LA MANCHA URBANA EN EL AREA RURAL DE LA ZMVM.

##### Objetivo.

Monitorear mediante el uso de herramientas de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG), el crecimiento urbano y asentamientos irregulares, para instrumentar medidas para la contención y recuperación del medio rural.

##### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, PROFEPA, CONABIO, SMA-GDF, SEDUVI.

##### Actividades realizadas.

Existe la propuesta de realizar un monitoreo satelital del suelo de conservación. Este sistema satelital (que pertenece a la NASA) es un analizador de variables ambientales, con el cual se identifican las modificaciones en las áreas protegidas. De esta manera una vez que se ubiquen los asentamientos o cambios de uso de suelo se realizarían los operativos en campo. Se estima una inversión de más de 10 millones de pesos, dependiendo de los requerimientos de las autoridades. El proyecto se implementó en el 2008.

En el Distrito Federal, la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (DGCORENADER), ha realizado acciones coordinadas con las delegaciones donde existe suelo de conservación y diversas instituciones con la finalidad de detener el crecimiento de la mancha urbana en la demarcación que se trate.

- En la demarcación territorial Cuajimalpa de Morelos se realizaron 2 acciones en las que se recuperó 0.006 hectáreas de suelo de conservación logrando 3 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Magdalena Contreras se realizaron 2 acciones en las que se recuperó 0.332 hectáreas de suelo de conservación logrando 16 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Álvaro Obregón se realizó 1 acción en las que se recuperó 0.016 hectáreas de suelo de conservación logrando 1 desmantelamiento.
- En la demarcación territorial Tlalpan se realizaron 10 acciones en las que se recuperó 44.86 hectáreas de suelo de conservación logrando 43 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Tláhuac se realizaron 4 acciones en las que se recuperó 15.5 hectáreas de suelo de conservación logrando 250 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Milpa Alta se realizaron 2 acciones en las que se recuperó 17.132 hectáreas de suelo de conservación logrando 8 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Xochimilco se realizaron 8 acciones en las que se recuperó 3.03 hectáreas de suelo de conservación logrando 62 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Iztapalapa se realizó 1 acción en las que se recuperó 4.2 hectáreas de suelo de conservación logrando 20 desmantelamientos.
- En la demarcación territorial Gustavo A. Madero se realizó 1 acción en las que se recuperó 0.016 hectáreas de suelo de conservación logrando 1 desmantelamiento.

Actualmente dentro de la "Comisión de Crecimiento Cero" se tienen en tratamiento 58 asentamientos con la pretensión de lograr la recuperación correspondiente.

En tanto, el documento elaborado por los diputados se basa en datos oficiales como el Estudio de caracterización y diagnóstico de asentamientos humanos en barrancas del Distrito Federal de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Según describe, en el Distrito Federal existen 74 barrancas que abarcan 232.5 kilómetros en ocho delegaciones.

El mayor número de barrancas se encuentra en Álvaro Obregón, con 16, en cuyas laderas se encuentran 3 mil 862 viviendas, mientras que Iztapalapa concentra siete barrancas con 4 mil 476 casas,

Cuajimalpa tiene 14 barrancas con 498 viviendas, mientras que en Gustavo A. Madero hay 10 con mil 41 domicilios; Magdalena Contreras tiene nueve, con mil 124 habitaciones.

En el Distrito Federal en el año 2009, se realizaron 710 actos de inspección y se logró la clausura de 429 construcciones irregulares en suelo de conservación, se atendieron 81 denuncias por invasión de suelo de conservación, se realizaron 590 recorridos de vigilancia para evitar la disposición de residuos de la construcción.

Se recuperaron un total de 27.5 ha, con invasión de asentamientos humanos irregulares.

Cuadro 4.50. Asentamientos irregulares del Distrito Federal

Inventario de Asentamiento Irregulares (2008-2009)		
Delegación	N° Asentamientos	Superficie (ha)
Iztapalapa	38	24.29
Gustavo A. Madero	16	28.39
Magdalena Contreras	16	24.26
Tláhuac	93	411.00
Tlalpan	186	980.74
Total	349	1 473.88

Fuente: Dirección de Ordenamiento Ecológico del Territorio y Manjeo Ambiental del Agua

La Coordinación General de Conservación Ecológica del Estado de México a través de su componente de Protección y Vigilancia tiene la función de evitar el crecimiento de la mancha urbana al interior de las 5 áreas protegidas. Durante el período del PROAIRE 2002-2010 ha fortalecido su infraestructura para evitar los asentamientos irregulares, principalmente en la Sierra de Guadalupe que es la que presenta mayor problemática.

### Beneficios.

A través de las acciones realizadas y la infraestructura construida y adquirida se han recuperado hectáreas de las áreas naturales protegidas, se ha desincentivado el asentamiento de viviendas irregulares, el saqueo de recursos naturales, la caza furtiva y actos vandálicos y en general se tiene un mayor control sobre estas áreas.

### Recomendaciones.

Instrumentar programas de inspección y vigilancia sistemática para la contención de asentamientos irregulares y operativos conjuntos para la recuperación del área rural y zonas protegidas de la ZMVM.

Sería conveniente para siguientes PROAIRE realizar estimaciones cuantitativas sobre la cantidad de contaminantes que dejan de ser retenidos o absorbidos por cada hectárea irregular ocupada.

Clave: G2-5-RN5
Medida en curso

## 5. PROTEGER, INSPECCIONAR Y VIGILAR LOS RECURSOS NATURALES.

### Objetivo.

Garantizar los recursos naturales en el área rural de la ZMVM.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX.

### Actividades realizadas.

Se ha dando prioridad a la protección y vigilancia del suelo de conservación, por ello, el pasado 1º de julio del 2009 se publicó el decreto de creación del Heroico Cuerpo de Brigadistas de Protección del Suelo de Conservación del Distrito Federal, que está integrado por mil 500 mujeres y hombres que en su quehacer cotidiano y en el desarrollo de su valiosa actividad, exponen su integridad física e incluso la vida, realizando acciones en materia de protección, conservación y restauración de la zona rural de la ciudad. Durante el primer semestre de este año, el Heroico Cuerpo de Brigadistas ha atendido el 95% de los incendios forestales que se presentan en el Suelo de Conservación. Gracias a ellos el DF ocupa el primer lugar nacional en eficiencia y menores índices de afectación al suelo.

En el periodo de Octubre de 2008 a Septiembre de 2009 se realizaron 710 actos de inspección, en los que se logró la clausura de 459 construcciones irregulares en suelo de conservación, se atendieron 81 denuncias por invasión a suelo de conservación y se realizaron 590 recorridos de vigilancia para evitar la disposición inadecuada de residuos de la construcción y a la fecha se han instalado 18 retenes para el mismo objetivo; de igual forma, se recuperaron un total de 27.5 ha con invasión por asentamientos humanos irregulares, se han interpuesto 120 de denuncias penales y se realizaron 28 operativos en conjunto con diferentes autoridades ambientales, para el retiro de material en construcciones demolidas. Así mismo, se informó y asesoró a 189 ciudadanos respecto a diferentes temas relacionados con el suelo de conservación, de forma personal y vía telefónica. De enero a agosto de 2009 se rebasó en un 19% la meta planteada de realizar 600 inspecciones anuales en suelo de conservación.

Con el inicio de la Policía Ambiental se pretende evitar nuevos asentamientos humanos irregulares, vigilar los parajes con más incidencia de tala clandestina, inhibir el cambio de uso de suelo y el depósito de residuos de construcción.

En el Estado de México, la SE-GEMEX, por conducto de la Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE) se encarga de preservar, restaurar y proteger 21 685 ha de cinco áreas naturales protegidas (Sierra de Guadalupe, Sierra de Tepotzotlán, Sierra Hermosa, Sierra Patlachique y Cerro Gordo), ubicadas en la ZMVM. Para ello cuenta con nueve brigadas de guarda parques conformadas por 80 elementos y 17 grupos voluntarios, con un sistema de vigilancia terrestre de 32 km, cinco torres de observación y 17 casetas de vigilancia; nueve arcos de acceso, 9.1 km de muro de protección ecológica y 37.7 km de cercado perimetral con malla ciclónica, 17 vehículos y un sistema de comunicación por radio. Tal infraestructura permite prevenir un promedio de 2 800 asentamientos humanos al año, tala clandestina e incendios forestales.

En el Estado de México se realizaron 45 operativos de inspección en los Municipios de Naucalpan, Nicolás Romero, Jilotzingo y 3 a la Industria Maderera. Se busca disminuir significativamente los ilícitos forestales en la zona del Izta-popo considerada como crítica, de manera particular en los municipios de

Ixtapaluca, Texcoco, Amecameca, Ecatingo, Atlautla y Ozumba. Para lo anterior se realizaron 35 operativos coordinados (incluido uno de carácter macro) y recorridos de vigilancia sistemática, junto con la policía estatal.

De manera particular, la Sierra de Guadalupe (municipios de Ecatepec, Coacalco, Tultitlán y Tlalnepantla) cuentan con 14 casetas de vigilancia, tres torres de observación, circuito vial de vigilancia, 9.1 km de barda perimetral, 24.7 km de malla ciclónica y seis arcos de acceso. Por su parte, el Parque Estatal Sierra Hermosa, localizado en el municipio de Tecámac, cuenta, con una caseta de vigilancia, caminos de penetración, 13 km de malla ciclónica perimetral y un arco de acceso.

#### Beneficios.

Se han establecido programas operativos de vigilancia forestal sistemática para la conservación de los recursos naturales con estrategias fundamentadas en un mayor trabajo de prevención física, cultural, participación social y coordinación interinstitucional.

#### Recomendaciones.

Establecer programas operativos de vigilancia forestal sistemática e integrar grupos de vigilancia participativa.

Clave: G2-6-RN6
Medida en curso

## 6. MEJORAR LA PREVENCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES.

### Objetivo.

Proteger de los incendios forestales las áreas de aptitud forestal inmersas en el área rural de la ZMVM.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SEDENA, SSP, SAGARPA, SMA-GDF, SDA-GEMEX, PROBOSQUE, SMA-GEMEX.

### Actividades realizadas.

El Programa de Prevención y Combate de Incendios Forestales del Distrito Federal consta de dos etapas: la primera tiene que ver con el combate de incendios forestales y se implementa durante los meses de enero a junio; consiste en efectuar acciones de vigilancia para detectar y combatir de manera oportuna y eficiente los incendios forestales. La segunda es la prevención física y cultural, y se lleva a cabo de noviembre a diciembre, para reducir el riesgo de incendios forestales (véase cuadro 1). Del 1 de octubre del 2007 al 20 de agosto del 2008, dentro del suelo de conservación, se combatieron 1 242 siniestros que afectaron 1925.25 ha. También, se registraron 1 423 conatos, con una afectación de 63.71ha. En los límites con los estados de México y Morelos se combatieron 206 incendios que afectaron 429.66 ha. y 104 conatos que afectaron 5.42 ha.

Cuadro 4.51. Prevención de incendios en la ZMVM

Prevención de Incendios Forestales en el D.F. Oct 2007-Sept 2008		Prevención de Incendios Forestales en ANP en el Estado de México. Año 2008	
Actividad	Avance	Actividad	Avance
Chaponeo	93 ha	Chaponeo	
Limpieza de brechas cortafuego	252 km	Limpieza de brechas cortafuego	18 km
Apertura de brecha cortafuego	35 km	Mantenimiento a brechas de cortafuego	56 km
Acondicionamiento de caminos	33 km	Quemas controladas	37 ha
Quemas controladas	176 ha	Líneas negras	26 km
Líneas negras	33 km	Podas y Cajeteo	59 280 árboles
Podas	33 mil árboles		
Cajeteo	91 083 árboles		

Fuente: SMAGDF (2008) Segundo informe.

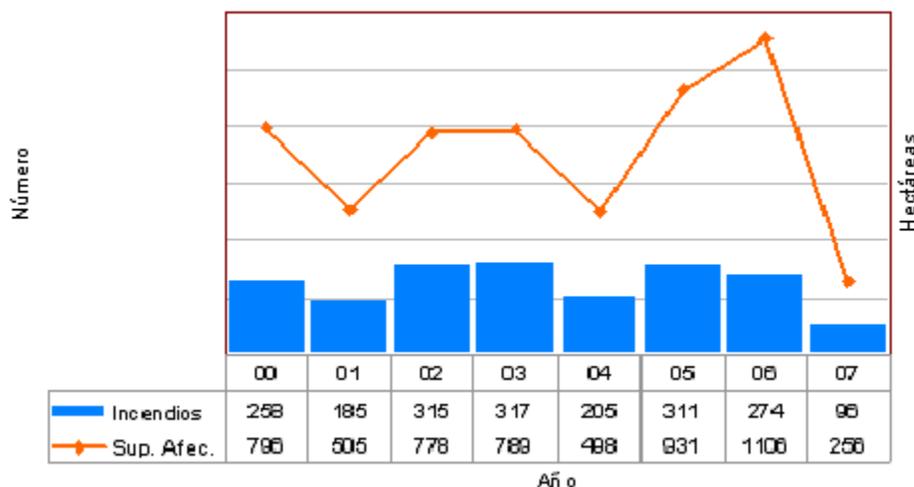
Fuente: Coordinación General de Conservación Ecológica.

Entre las prioridades del Gobierno del Estado de México está la protección y conservación de la cubierta forestal de la entidad. Para tal fin, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, por conducto de la Protectora de Bosques (Probosque), ha puesto en marcha el Programa Estatal de Prevención, Control y Combate de Incendios Forestales. Al respecto, se cuenta con la siguiente infraestructura:

- Un comando central.
- Ochenta y cuatro brigadas (hasta 2008).
- Dieciséis torres de vigilancia.
- Equipo de radiocomunicación.
- Un helicóptero tipo Koala con un tanque de 1,200 litros de capacidad.

- Un carro bomba.

La superficie territorial en 18 de los municipios conurbados que conforman la ZMVM es de 2 054 km<sup>2</sup> de los cuales 543 km<sup>2</sup> son de área forestal, por lo que la superficie a proteger contra incendios forestales representa 26%. La mayoría de los estratos vegetales afectados comprende pastizales (51%) y matorrales (37%), con menor afectación está el renuevo (11%) y arbolado (1%). En la figura siguiente se muestra el comportamiento tanto del número de incendios forestales como de la superficie afectada en el periodo 2000-2007. A partir de los datos presentados se obtiene la media geométrica del índice de afectación igual a 2.8 hectáreas por incendio, con base en ello, se puede decir que los años más críticos han sido 2000, 2005 y 2006, pues están por arriba de dicho promedio. Cabe mencionar que el índice de afectación estatal es de 3.4 ha/incendio (Figura 4.2).



Incendios forestales y superficie afectada en 18 municipios del Estado de México, 2000-2007  
Fuente: DGPCCA (2009) con datos del INEGI, Anuarios estadísticos del Estado de México, varios años.

Figura 4.4 Incendios Forestales en el Estado de México

### Beneficios.

Las medidas de prevención y combate han disminuido el número de incendios y la superficie de suelo afectado.

### Recomendaciones.

Establecer convenios de colaboración entre las delegaciones y los municipios, así como entre los municipios de las 5 áreas protegidas para el combate de incendios y disponer de medios para la denuncia oportuna de la presencia de incendios.

Establecer la metodología para estimar emisiones debidas a incendios forestales.

Clave: G2-6-RN6

Medida en curso

## 7. INVERSION AMBIENTAL PARA LA VIGILANCIA DEL SUELO DEL AREA RURAL DE LA ZMVM, MEDIANTE EL PAGO COMPENSATORIO POR SERVICIOS AMBIENTALES.

### Objetivo.

Buscar los mecanismos compensatorios por servicios ambientales que prestan las áreas forestales en la remoción de contaminantes y recarga de acuíferos.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, CORETT.

### Actividades realizadas.

En octubre de 2003 se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el acuerdo que establece las Reglas de operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, las áreas participantes serán superficies que no serán intervenidas con aprovechamiento forestal maderable durante el periodo de vigencia del programa y que los receptores serán ejidos, comunidades, pequeños propietarios y asociaciones sin distinción o discriminación siempre que se encuentren ubicados dentro de las zonas de elegibilidad.

Para este programa se contó con un total de 192 millones de pesos a cinco años, destinados al pago directo de los beneficiarios y propietarios de zonas en buen estado de conservación de bosques y selvas, de este monto un máximo de 10 millones será destinado a áreas bajo manejo forestal maderable que se encuentren en recuperación o reposo durante los siguientes cinco años, la CONAFOR contó con 8 millones de pesos para gastos de operación, evaluación y monitoreo del Programa para el primer ejercicio fiscal 2004.

Los pagos otorgados a los beneficiarios se comprometieron en el mes de diciembre del 2003, estableciendo un pago por hectárea de: Bosque mesófilo de montaña (bosque nublado) \$400.00 y otros bosques o selvas \$300.00.

Respecto a los criterios de elegibilidad se considera que las zonas presenten un porcentaje de cubierta forestal mayor al 80%, que estén localizadas en zonas críticas para la recarga de acuíferos, catalogadas como sobreexplotadas mediante el acuerdo emitido por la Comisión Nacional del Agua, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 31 de enero del 2003, o en zonas de aguas superficiales donde haya problemas de escasez, que estén vinculadas con el abasto a centros de población de más de 5 000 habitantes:

#### *Zona del Ajusco:*

Huixquilucan, Isidro Fabela, Jilotzingo, Lerma, Naucalpan, Nicolás Romero, Ocoyoacac, Otzolotepec, Temoaya, Xalatlaco y Xonacatlán.

#### *Izta-Popo:*

Amecameca, Atlautla, Chalco, Ecatingo, Ixtapaluca, Otumba, Tepetlaoxtoc, Texcoco y Tlalmanalco.

En el Estado de México se publicaron los Programas de Manejo de los Parques Estatales de Sierra Hermosa (2002) y Sierra de Tepetzotlán (2004), ya que los parques de las otras ANP habían sido

publicados antes del 2001. Estos programas son independientes de la Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE).

A partir de las estrategias del Programa de Desarrollo Forestal del Estado de México 2005-2025 se crea el Programa para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) el cual tiene como objetivos:

- Conservar las áreas de bosque que permiten la recarga hídrica y garantizar el suministro de agua
- Lograr que los productores forestales mantengan, conserven o aumenten la cobertura forestal
- Apoyar la conservación de bosques en áreas naturales protegidas y plantaciones forestales con fines de protección o de restauración.

Para la instrumentación del PSAH el GEMEX autorizó, dentro del ejercicio fiscal 2007, un presupuesto de 30 millones de pesos como capital inicial para la atención de seis mil hectáreas de superficie boscosa dentro del territorio estatal. Así mismo, el programa establece un pago anual por hectárea de \$1 500 a los dueños o poseedores de bosques que cumplan con los criterios establecidos en las Reglas de Operación del PSAH.

A la fecha 62 ayuntamientos han contribuido al pago de servicios ambientales, entre estos, Cuautitlán; asimismo 19 Organismos Descentralizados de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento han contribuido al pago por servicios, entre ellos los organismos de Naucalpan, Huixquilucan, Nezahualcóyotl, Coacalco, Tlalnepantla y Tultitlán. Así mismo, están por entrar al programa 42 municipios más, entre ellos los 11 conurbados restantes de la ZMVM (Cuadro 4.50).

Recientemente en la Convocatoria 2008 del Programa Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, se aprobaron 182 beneficiarios y 25,337 hectáreas, de los cuales 11 beneficiarios y 1 913 hectáreas corresponden a cinco municipios conurbados de la ZMVM.

Cuadro 4.52. Pago por servicios ambientales

Programa pago por servicios ambientales hidrológicos (Convocatoria 2008)		
Municipio	Beneficiario	Hectáreas
Chalco	Ejido San Martín Cuautlalpan	213
Chalco	Ejido San Juan Y San Pedro Tezompa	68
Huixquilucan	P. P. Xalatlaco Asociación mercantil	60
Ixtapaluca	Ejido Zoquiapan	190
Ixtapaluca	Ejido Río Frío Ampliación	24
Ixtapaluca	P. P. Estación Experimental Zoquiapan	412
Ixtapaluca	P. P. Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas	317
Nicolás Romero	Ejido Transfiguración	158
Nicolás Romero	Ejido San Francisco Magú	221
Nicolás Romero	Ejido Santa María Magdalena Cahuacán	230
Tlalnepantla de Baz	Ejido San Juan Ixhuatepec	20
TOTAL		1 913

Fuente: SEDAGRO-GEMEX (2009).

En el mes de Septiembre de 2007 la Secretaría del Medio Ambiente del GEMEX entregó recursos del Programa de Fondos Comunitarios para el Desarrollo Rural, Equitativo y Sustentable (FOCOMDES), destacando que este programa ha resultado sumamente exitoso, ya que se han logrado apoyar importantes proyectos de conservación, vigilancia, restauración de recursos naturales y de producción sustentable.

La Secretaría del Medio Ambiente del GEMEX indicó que la segunda entrega de recursos del programa fue por un monto de 9'684,908.17 pesos correspondientes a la primera administración para la ejecución de 84 proyectos agrícolas, pecuarios, de conservación y transformación.

### Beneficios

Las zonas forestales con capacidad de alta recarga acuífera coadyuvan en la remoción de contaminantes atmosféricos por lo que todas las acciones realizadas para conservar las zonas rurales y áreas naturales protegidas y para disminuir la tasa de deforestación favorecen un ambiente más limpio. Solamente en 2008, en el Estado de México se ha apoyado a 1 913 ha para que ofrezcan servicios ambientales.

### Recomendaciones.

Realizar un estudio mas detallado de los predios que poseen recursos con capacidad de ofrecer servicios ambientales, tanto por su capacidad de captación de contaminantes, como por la capacidad recarga acuífera.

En este sentido, el contar con una metodología que permita determinar los contaminantes absorbidos o retenidos en ANP o zonas rurales, permitirá realizar estudios costo-beneficio en la protección de estas áreas.

Clave: G2-8-RN8

Medida en curso

## 8. MONITOREO DEL ESTADO DE CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES.

### Objetivo.

Establecer un sistema de monitoreo permanente con apoyo en técnicas de percepción remota y un sistema de información geográfica que permita conocer el estado en que se encuentran las condiciones que hacen propicio el desarrollo de los recursos naturales de la ZMVM.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SDA-GEMEX.

### Actividades realizadas.

En el 2008 se concluyó el Programa de Identificación y Caracterización de Manantiales, por medio del cual se busca conocer los terrenos en los que el agua fluye a la superficie de modo natural. En todo el Estado de México existen 3,006 manantiales que cuentan con títulos de concesión registrados ante la CONAGUA, por lo que en 2005, el GEMEX, inició los trabajos de campo con el fin de implementar el programa de identificación y caracterización de estas fuentes superficiales, con el objetivo principal de contar con un inventario preciso de los manantiales existentes en varios municipios, obteniendo principalmente, su ubicación y sus características físicas, hidráulicas, químicas y biológicas, como una estrategia estatal de conservación, protección y recuperación; así como sus principales riesgos de afectación, destrucción o contaminación y la concertación con las comunidades locales para sumarlos en la protección y restauración de sus zonas generadoras de agua. En el Cuadro 4.51, se muestra el número de manantiales localizados por el GEMEX y los que se encuentran registrados ante la CONAGUA en los municipios conurbados de la ZMVM.

Cuadro 4.53. Manantiales en la ZMVM

Características de los manantiales de los municipios de la ZMVM. 31 Diciembre 2008						
Municipio	Manantiales localizados por la SMA-GEM			Manantiales Registrados por la CONAGUA		
	Número	Gasto (l/s)	Volumen anual (m <sup>3</sup> )	Número	Gasto l/s	Volumen anual (m <sup>3</sup> )
Huixquilucan	15	10.11	318 829	7	7	208 168
Naucalpan	6	1.88	59 288	3	4	113 055
Nicolás Romero	162	96.53	3 044 170	2	16	504 576

Fuente: SMAGEM <http://www.edomex.gob.mx/medioambiente/dependencias/cepe>

La SE-GEMEX está implementando el Sistema Telemático de Monitoreo Ambiental el cual tiene por objetivo proteger y conservar las áreas naturales protegidas del Estado de México. Este sistema estará conformado por una Red Audiovisual con funcionamiento las 24 horas del día, y permitirá identificar y contrarrestar de manera significativa las actividades antropogénicas que vayan en detrimento de las áreas forestales, tales como: incendios, tala clandestina, saqueo de tierra, tiraderos a cielo abierto y asentamientos humanos irregulares, entre otras. La inversión inicial consta de 2.5 millones de pesos. Al mismo tiempo, operará el Sistema de Monitoreo Satelital, el cual permitirá identificar cambios en la vegetación y del uso de suelo, y contar con estrategias de respuesta a la problemática. El monitoreo se

realizará en tres niveles: (1) estatal, con imágenes *Modis*; (2) municipal, con imágenes *Spot*; y (3) revisión en campo. La inversión será de 1 millón 250 mil pesos. Se espera que comience a funcionar en el segundo trimestre del 2010.

Los avances para la conservación de los recursos naturales dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México, son los siguientes.

- Caracterización, diagnóstico y planes de manejo de los Bosques Urbanos (Chapultepec y Aragón).
- Enlaces con agencias de programa de monitoreo atmosférico, meteorológico, biológico y otros.
- Diagnóstico de los Recursos Naturales del suelo de conservación (en proceso).
- Programa General de Ordenamiento Ecológico del DF (PGOEDF) CORENA/SMA.
- Planes de manejo de Áreas Naturales Protegidas.
- Ordenamiento Ecológico Zona Oriente del Estado de México.
- Ordenamiento Ecológico Estatal Estado de México.
- Inventario Nacional Forestal, Programa de Manejo Forestal, (Predios – Probosque).
- CONABIO – Sistema de teledetección (escala aplicable a la ZMVM).
- Se tienen Ordenamientos Ecológicos para determinadas áreas del Estado de México y Distrito Federal.
- Estudios existentes del INIFAP, los cuales son muy completos.
- Se publicó el Programa de Manejo de la Sierra de Guadalupe y se reanudaron las sesiones del Consejo para el Desarrollo Sustentable del Suelo de Conservación, Zonas Rurales y Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal, así mismo se constituyó la comisión de “Crecimiento Cero” en el Suelo de Conservación, en la que se analiza la situación de los asentamientos humanos irregulares en el suelo de conservación.
- Se realizaron acciones de coordinación que permitieron la recuperación pacífica de 67 mil 406 hectáreas de suelo de conservación, ocupadas por 6 predios con asentamientos irregulares.

### Beneficios.

El contar con un sistema de monitoreo permite detectar con oportunidad y prevenir las actividades que degradan el suelo de conservación, las zonas rurales y las áreas naturales protegidas. Así mismo permite una eficiente planeación estratégica para la conservación y restauración de los recursos naturales.

### Recomendaciones.

Cuantificar el estado que guardan los recursos naturales y perfeccionar el sistema de monitoreo actual con el fin de obtener una visión detallada que permita la conservación y desarrollo de los recursos naturales existentes.

Clave: G2-9-RN9

Medida en curso

## 9. MANEJO DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS.

### Objetivo.

Establecer un sistema de áreas naturales protegidas que garantice la conservación de la biodiversidad, a la vez que mantiene los servicios ambientales.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SEDENA, SMA-GDF, SMA-GEMEX.

### Actividades realizadas

En el Distrito Federal se tienen registradas 15 Áreas Naturales Protegidas (ANP); de éstas, 8 son de competencia y administradas por la SMA-GDF.

Se ha iniciado la elaboración de cuatro Programas de Manejo para las ANP con categoría de Reserva Ecológica Comunitaria de San Miguel Topilejo y San Nicolás Totolapan, del Área Comunitaria de Conservación Ecológica de Milpa Alta y del Parque Urbano Bosque de Tlalpan, con lo cual se tendría cubierto 90 % de Las áreas que cuentan con su instrumento rector de manejo y conservación.

En la sierra de Guadalupe se implemento el Programa de Combate de Plagas, enfermedades y saneamiento forestal, se logro evitar la infestación de 120 ha y realizaron 17° acciones para erradicar la planta parasita cuscuta en árboles superiores de 50 años. Así mismo, se realizó el diagnóstico de esta ANP para sustituir 64 ha de arbolado muerto de especies introducidas que generan riesgo de incendio forestal.

Se inicio la gestión y los trámites para la publicación de la declaratoria como Área Natural Protegida de la Reserva Ecológica Comunitaria de San Bernabé Ocotepéc.

Con el propósito de establecer el Sistema Local de Áreas Naturales Protegidas y cumplir con lo dispuesto en la Ley Ambiental del Distrito Federal, se elaboró una propuesta de Acuerdo Administrativo a través del cual se establecerá oficialmente el Sistema de ANP; actualmente el documento está en trámite para ser publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal.

De las ocho áreas administradas por la SMA-GDF, a la fecha dos cuentan con Programas de Manejo publicados en la Gaceta Oficial del Distrito Federal: "Parque Ecológico de la Ciudad de México, el 25 de diciembre de 1989" y "Sierra de Guadalupe, el 2 de diciembre de 2003". Tres programas de manejo se han concluido y están en trámite de ser publicados: "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco", "Sierra de Santa Catarina" y "Desierto de los Leones". Cabe señalar que el Programa de Manejo del ANP "Ejidos de Xochimilco" y "San Gregorio Atlapulco" está en proceso de consulta ciudadana, lo anterior a fin de que los sectores involucrados en la administración y manejo opinen y hagan sus observaciones sobre la propuesta del Programa, considerando que en estas áreas se realizan actividades productivas y existe propiedad privada.

Dos programas más están en proceso de elaboración: "Cumbres del Ajusco" y de la Zona Sujeta a Conservación Ecológica "Cerro de la Estrella". En lo que respecta al ANP "Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla", se revisó con la CONANP de la SEMARNAT, la elaboración del Programa de Manejo, lo anterior debido a que la mayor parte de la superficie se encuentra en el Estado de México.

En cumplimiento a la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de ANP, y en tanto se expiden los Programas de Manejo de las ANP, se elaboraron los Acuerdos Administrativos de Normas y Criterios para las Zonas Sujetas a Conservación Ecológica "Cerro de la Estrella", "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco"; actualmente están siendo analizados por el área jurídica de la SMA. Dichos instrumentos regularán temporalmente las actividades que se realicen en dichas áreas.

Uno de los Programas sustantivos y que ha generado beneficios tangibles para las ANP es el Programa de Atención a Visitantes, considerado en los Programas de Manejo de las ANP, el cual se opera en tres de ellas: Sierra de Santa Catarina, Sierra de Guadalupe y Desierto de los Leones. Los servicios que se han ofrecido al visitante son visitas guiadas, cursos, uso de canchas deportivas y áreas de campamento. Con este programa se han atendido a casi 3 000 personas y los recursos que se han captado han sido aplicados directamente en la conservación de las ANP. Recientemente se ha incorporado a este programa el ANP "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco".

Con la finalidad de reforzar las acciones institucionales de conservación en el ANP "Fuentes Brotantes de Tlalpan" se realizó un convenio de colaboración con la Delegación Tlalpan, en abril de 2004. Para cumplir con lo dispuesto en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano "Cerro de la Estrella", publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal en septiembre de 2000, se concluyó el expediente técnico jurídico para tramitar la publicación del Decreto que establece la nueva poligonal del ANP.

En coordinación con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la SEMARNAT, se incorporó como sitio RAMSAR (humedal de importancia internacional), a la zona lacustre de Xochimilco. En este sentido se participó en la primera reunión nacional para establecer las bases para la gestión y manejo de los sitios RAMSAR en México.

En lo relativo al mantenimiento y restauración de las ANP, se plantaron 171 183 árboles y arbustos con especies adecuadas para las ANP "Sierra de Guadalupe" y "Sierra de Santa Catarina". Se han retirado aproximadamente 400 metros cúbicos de desechos sólidos en las ANP "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco", "Fuentes Brotantes de Tlalpan", "Cerro de la Estrella" y "Bosque de Tlalpan".

Se han protegido y vigilado en forma permanente 7 694 ha de las ANP "Desierto de los Leones", "Cumbres del Ajusco", "Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla", "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco", "Parque Ecológico de la Ciudad de México", "Cerro de la Estrella", "Sierra de Guadalupe" y Sierra de Santa Catarina.

De acuerdo al primer informe de gobierno se espera incorporar como ANP o Áreas Comunitarias de Conservación Ecológica las áreas de Ajusco, los humedales de Tláhuac, algunos volcanes de importancia ecológica y ampliar la poligonal de ANP San Miguel Topilejo. Así mismo se trabaja en contar con los Programas de Manejo de las ANP que a la fecha no lo tienen.

De acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) en el Estado de México se ubican seis Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) para su conservación, de las cuales las regiones RTP 107 Sierra Nevada y RTP 108 Ajusco-Chichinautzin forman parte de la región metropolitana del Valle de México.

Con una inversión de 50 millones de pesos el GEMEX construyó la primera etapa del Centro Ecoturístico y de Educación Ambiental al interior del Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán; el plan maestro comprendió la restauración del Acueducto y la instalación de infraestructura de servicios de recreación.

El Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de México consta de 84 unidades con distinta jerarquía, que en conjunto suman una superficie de 990 244 hectáreas, esto representa 44% del territorio estatal. En cuanto a los 18 municipios conurbados de la ZMVM, actualmente cuentan con 18 ANP, de las cuales 10 tienen su plan de manejo y dos son de reciente creación. Hasta antes del 2002, la

superficie protegida era de 36 369.7 ha, pero en el 2004 se incrementó en 9% para llegar a 39 676.6 ha. En el Cuadro 4.52 se muestran las diferentes ANP con que cuentan dichos municipios.

Cuadro 4.54. Áreas naturales Protegidas en la ZMVM

Áreas Naturales Protegidas de los 18 municipios conurbados de la ZMVM					
Fecha de creación	Categoría	Nombre abreviado	Municipios que la conforman	Superficie (Ha)	Plan de Manejo
8-Nov-35	PN	Iztaccihuatl-Popocatepetl	Amecameca, Atlautla, Chalco, Ecatezingo, Ixtapaluca, Ozumba, Texcoco y Tlalmanalco	10 272.00	Sí
13-Mar-37	PN	Zoquiapan y Anexas	Chalco, Ixtapaluca, Texcoco y Tlalmanalco	18 447.00	–
15-Abr-38	PN	Los Remedios	Naucalpan de Juárez	50.73	Sí
10-Ago-76	PE	Sierra de Guadalupe	Coacalco, Ecatepec, Tlalnepantla y Tultitlán	5 306.75	Sí
10-Jun-78	PE	Valle Escondido (Los Ciervos)	Atizapán de Zaragoza	300.00	Sí
15-Feb-79	PM	Tlalnepantla	Tlalnepantla de Baz	4.20	–
15-Feb-79	PE	Metropolitano de Naucalpan	Naucalpan de Juárez	132.86	Sí
9-Oct-82	PE	Naucalli	Naucalpan de Juárez	53.34	–
5-Abr-94	PE	Sierra Hermosa	Tecámac	618.00	Sí
2-Jun-94	PE	San José Chalco	Ixtapaluca	16.93	–
6-Ago-94	RE	Barranca de Huixquilucan	Huixquilucan	129.78	–
16-Ago-94	RE	Barranca de Naucalpan	Naucalpan de Juárez	67.80	Sí
17-Ene-96	RE	Barranca de Tecamachalco	Naucalpan de Juárez	15.42	Sí
5-Jul-96	RE	Barranca México 68	Naucalpan de Juárez	1.15	Sí
4-Jul-01	PE	Ing. Gerardo Cruickshank García	Chimalhuacán	945.40	–
8-Jun-04	PESA	Lagunas de Xico	Valle de Chalco	1 556.56	–
13-Oct-04	PESA	Presa Guadalupe	Cuautitlán Izcalli y Nicolás Romero	1 750.38	Sí
Sin decreto	SD	Parque del Pueblo (Zoológico Neza)	Nezahualcóyotl	8.32	–

Clave: PN: parque nacional; PE: parque estatal; PM: parque municipal; RE: reserva estatal; PESA: parque estatal santuario del agua; SD: sin determinar.

Fuente: DGPCCA con datos de la Capanaf (2009).

### Beneficios.

Tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México, los esfuerzos realizados han generado importantes beneficios para la conservación de la biodiversidad de las ANP.

### Recomendaciones.

Incrementar los esfuerzos y las acciones para el manejo y conservación de las ANP y estrechar los vínculos entre las entidades de la ZMVM para fortalecer los esfuerzos de protección y restauración de dichas áreas.

En futuros programas de calidad de aire, será necesario determinar en forma conjunta los beneficios y reducciones esperadas por acciones relacionadas con los recursos naturales, tanto de los contaminantes criterio como de los gases de efecto invernadero, lo cual redundará en una mayor protección de los recursos naturales.

Clave: G2-10-RN10

Medida en curso

## 10. PROGRAMA DE RECUPERACION DE HABITATS A TRAVÉS DE LA PLANTACION DE ESPECIES ADECUADAS.

### Objetivo:

Mejorar las condiciones que afectan la calidad e interfieren en la funcionalidad de los hábitats.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SDA-GEMEX.

### Acciones realizadas.

Como parte del programa de restauración de los ecosistemas se trabaja en la creación de una zona de amortiguamiento en la frontera agrícola-forestal con la reconversión productiva de terrenos agrícolas y pecuarios a plantaciones agroforestales, adicionalmente se realiza el mantenimiento de las reforestaciones ya establecidas.

Durante el periodo 1998-2007. Se han reforestado en el Distrito Federal 31 936 ha con 72.6 millones de árboles principalmente nativos, de los cuales 24.3 millones fueron de reposición. Del periodo del 1 octubre 2007 al 1 septiembre 2008, se logró el establecimiento de 276 500 árboles con la participación de doce núcleos agrarios y cinco Áreas Naturales Protegidas. Del periodo 2002-2007 se han reconvertido 1 929 ha, con la plantación 8.2 millones de plantas.

Se donaron 105 mil plantas a distintas delegaciones, dependencias del gobierno central, organizaciones ciudadanas, asociaciones civiles y escuelas.

En el mes de Julio del 2007 se inició el Programa de Reforestación, en el que se tiene programado la plantación de 2 millones y medio de plantas forestales, frutales y arbustos de 25 especies nativas distintas, Los primeros árboles se plantaron en el Ejido de San Nicolás Totolapan, en la delegación Magdalena Contreras. Como parte del Programa de Reforestación 2007 se pretende reconvertir terrenos agrícolas y pecuarios a plantaciones de carácter comercial o de restauración, que permitan mejorar las condiciones ambientales al incorporar practicas agroforestales a los sistemas tradicionales de producción de baja o nula productividad. En el vivero San Luis Tlaxialtemalco se producen plantas del orden de 2 millones entre especies frutales, el vivero se caracteriza por la alta calidad de las plantas que produce.

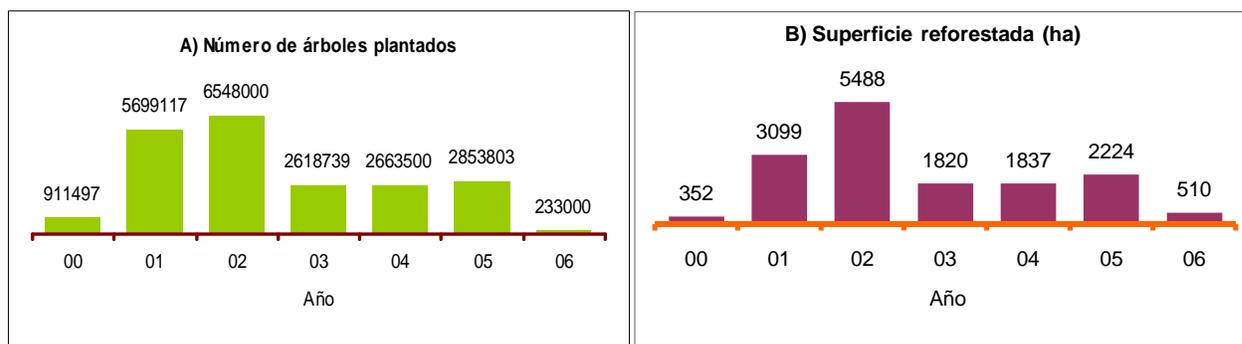
Del periodo octubre 2007-septiembre 2008, se logró la reconversión de 100 ha y el establecimiento de 364 500 plantas, por lo que el total de plantas establecidas en el Programa de Reforestación 2008 fueron 641 000 participando 18 núcleos y cinco ANP. Del período de octubre 2008 a septiembre de 2009, se plantaron 2 000 000 de árboles, se reconvirtieron 170 ha, y se dio mantenimiento a 3 300 000 árboles.

En septiembre del 2009 se firmó un acuerdo con la CONAFOR para la producción de 1.5 millones de plantas. Para este periodo, en los viveros de Nezahualcóyotl y Yecapixtla se produjeron 391 945 plantas y se dio mantenimiento a otras 2 260 290.

En los programas de reforestación del país, el Estado de México se ubica dentro de los primeros lugares según el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE), donde se pueden analizar los resultados de reforestación por entidad federativa de 1997 al 2005. Este programa cuenta con el Comité Estatal de Reforestación, que es la instancia donde se coordina y da seguimiento a los trabajos de producción de planta y reforestación. Los trabajos de reforestación son ejecutados principalmente a través de los Ejidos, los Bienes Comunales y personal de la SEDENA, además, se cuenta con la participación de varias

instituciones, las cuales forman parte del Comité Estatal, entre las que destacan Probosque, Capanaf, CGCE, SEMARNAT, SEDESOL, SEDENA, CONAFOR, CONAGUA, CONANP y los gobiernos municipales (Figura 4.3).

Por su parte, el Programa Estatal de Reforestación se ha reorientado hacia el establecimiento de mecanismos de selección y apoyo para los trabajos de plantación con mano de obra especializada y hacia el proceso de reforestación en áreas compactas, disminuyendo la densidad de plantas por hectárea, con plantas de altura mínima promedio y con atención en subcuencas prioritarias y santuarios del agua (gráficas 2a y 2b). Es importante señalar que el porcentaje de sobrevivencia de las reforestaciones se ha venido mejorando, el cual, según datos del INIFAP, de la Universidad Autónoma de Tlaxcala y de la Universidad Autónoma Chapingo, se superó el promedio estatal de 50%, antes del 2000, a 70% a partir del 2004.



Fuente: DGPCCA con datos del INEGI, *Anuarios estadísticos del Estado de México*, varios años.

Figura 4.5. Reforestación en 18 municipios del Estado de México, 2000-2006

Respecto a la producción de plantas, la entidad cuenta con 25 viveros con una capacidad de producción anual de hasta 25 millones de plantas, en los cuales participan varias dependencias estatales (Probosque, Capanaf) y federales (CONAFOR, CONAGUA, SEDENA, CONANP) las cuales no todas cuentan con un programa de colecta de semilla. Se producen árboles con una altura mayor de 30 cm, de las especies acordes a cada zona bioclimática de la entidad. Las principales especies forestales que se producen son *Abies religiosa*, *Pinus ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. hartwegii*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *Cupressus lindleyi*, *Quercus* sp, entre otras.

Con la finalidad de difundir las técnicas y especies más adecuadas para reforestar y que con ello se logre un mayor índice de sobrevivencia de las especies plantadas, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México por conducto de Probosque, publicó en el 2006 un *Manual de reforestación*. Entre las especies recomendadas se encuentran 19 de pino, así como de encino, enebro, oyamel, cedro blanco y ahuehuate, entre otras nueve más para climas cálidos. Entre las técnicas descritas están el de pico de pala, el de cepa común, el de zanja ciega; y los sistemas gradoni, Nezahualcóyotl y español.

## Beneficios

Se han establecido planes de reforestación en ambas entidades que han contribuido a la restauración y conservación de los hábitats.

### Recomendaciones.

Continuar en ambas entidades con planes de reforestación en las zonas más erosionadas. Establecer programas para la conservación y reproducción de fauna nativa. Establecer un programa de incentivos económicos a pequeños productores.

Los beneficios debidos a la captura de contaminantes atmosféricos y absorción de gases de efecto invernadero deben estimarse y estudiarse en forma conjunta, para realizar análisis costo-beneficio por acciones de reforestación.

Clave: G2-11-RN11

Medida en curso

## 11. SANEAMIENTO Y RESTAURACION DE RECURSOS NATURALES.

### Objetivo.

Elaborar y ejecutar planes de manejo de limpia y saneamiento que contribuya a la conservación de los recursos naturales.

### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX y SDA-GEMEX.

### Acciones realizadas.

En el ejercicio del periodo 2008-2009 se concluyeron los trabajos para conformar el Plan Maestro de Rescate Integral de los Ríos Magdalena y Eslava, el cual dio paso para el planteamiento de los proyectos ejecutivos prioritarios para comenzar con el rescate de los ríos como son: colectores marginales en el río Eslava, solución hidráulica en el tramo Chimalistac-Viveros, desarrollo de parques lineales a lo largo del río Magdalena y restauración de la ex hacienda de la Cañada. Para el desarrollo de los proyectos ejecutivos se destinaron 9.8 millones de pesos. El GDF pretende sanear las microcuencas del río Eslava, que generan la mayor parte de los contaminantes que escurren a las aguas del Río Magdalena.

Se concretaron acuerdos y atención a núcleos agrarios, vecinos y actores importantes de la zona. Se llevaron a cabo concursos, fallos, e inicios de trabajo en los siguientes proyectos ejecutivos en el 2009.

- Proyecto ejecutivo Chimalistac-Viveros con un monto de \$ 1 435 000.00
- Proyecto ejecutivo de restauración de la ex hacienda La Cañada con un monto de \$897 434.00
- Proyecto ejecutivo Parque Lineal "La Cañada-Foro Cultural" con un monto de \$1 799 944.00
- Proyecto ejecutivo Solución Hidráulica Chimalistac-Viveros y colectores marginales río Magdalena con un monto de \$ 4 300 000.00
- Estudio del diseño de indicadores para los ríos Magdalena y Eslava con un monto de \$1 300 000.00
- Finalizaron los siguientes trabajos de conservación en la parte alta de las cuencas.
- Campamento para combatientes de incendios "La Virgen".
- Torre de vigilancia "La Virgen".
- Caseta de vigilancia "Las Cebadas".
- Invernadero de hierbas finas.
- Presas de gavión.
- Rehabilitación de caminos.
- Vivero de producción diversificada "Llanos de Acopilco".
- Viveros de producción diversificada "Potreritos".
- Equipo adquirido para apoyar los trabajos de conservación que las comunidades realizan.
- Apoyo para la vigilancia comunitaria.

Con este programa se aporta al desarrollo de la estrategia 6.6.18 propuesta en el Programa General de Desarrollo de Distrito Federal, beneficiando directamente a 150 000 habitantes de las microcuencas e indirectamente a todos los habitantes de la ciudad.

Durante 2008-2009. Se realizó la valoración de 96 000 árboles en una superficie de 7 147 ha, en las ANP humedades de Xochimilco y Tláhuac, se asperjaron con bioinsecticida 79 822 ahuejotes (*Salix*

*bomplandiana*), se realizó la poda y el despunte para eliminar la planta parásita del muérdago verdadero (*Clodocolea loniceroides*) y la cuscuta (*Cuscuta sp.*), en 8 863 árboles y en 96,000 ahuejotes se recolectaron 117 137 bolsas de gusano defoliador (*Malacosoma incurvum var. Aztecum*) y 191 109 masas de huevecillos.

Se crea el programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a través de la participación social (PROFACE), este programa se crea en el 2008, y considera dos modalidades; los FOCORE y el Apoyo para la Participación Social en Acciones para la conservación y Restauración de los Ecosistemas (APASO). Los cuales están orientados al financiamiento de proyectos, y la proporción de mano de obra en los programas de trabajo para la protección, conservación y/o restauración de ecosistemas del SC. Hasta el 31 de julio del 2008, se autorizaron 160 proyectos con una inversión de 21.3 millones de pesos, en el caso de de los FOCORE, que beneficiaron a 1,463 personas de las delegaciones con SC. En el caso del APASO se han autorizado 516 proyectos con una inversión de 46.5 millones de pesos, que beneficiaron a 6 327 personas.

En el mes de agosto de 2007 el Gobierno del Distrito Federal, firmó un convenio de colaboración con la Asociación Reforestamos México, Naturaleza y la Asociación de Scouts de México para dar inicio al programa "Cinturón Verde" con el propósito de recuperar los principales bosques y suelos de conservación que rodean al valle de México. La meta a cumplir es la plantación de 100 mil árboles cada año, en las zonas del Valle de México y lograr que para 2012 se hayan sembrado un millón de árboles en 87 mil 310 hectáreas.

Para el mes de octubre de 2007 se concluyó con la primera etapa de rescate del Río Magdalena, presentando un avance del 30 por ciento, gracias a una inversión de 43 millones de pesos, tomados del Fondo Metropolitano. Se ha realizado el cultivo y mantenimiento de plantaciones en los terrenos del río y se implementó una campaña de prevención y combate de incendios forestales con vigilancia comunitaria.

En el Programa de Sustitución de Eucalipto, se inició el saneamiento en los Bosques de San Juan de Aragón y Chapultepec. El Programa de Manejo Integral y Sustitución de Arbolado de Alto Riesgo se puso en marcha en la Calzada de Tlalpan. En atención a la solicitud de la Dirección General de Servicios Urbanos, se realizó la tala de 346 eucaliptos secos que se encontraban sobre los camellones centrales de la Av. Ejército Nacional, entre Anillo Periférico y Circuito Interior, asimismo, en la Delegación Coyoacán se han talado 60 árboles de 150 autorizados. En el Programa intervinieron las 16 delegaciones y se establecieron reuniones periódicas con éstas para dar seguimiento a los planes de trabajo que incluyen 21 zonas prioritarias en vialidades primarias, bosques urbanos, parques y colonias. En el segundo trimestre de este año, se han realizado 2 mil 800 derribos de árboles de alto riesgo y se instalaron dos centros de acopio para la madera resultante en el Bosque de San Juan de Aragón y en el Vivero Nezahualcóyotl.

Se continúa con el diagnóstico de la zona Chinampera de Tláhuac y Xochimilco (San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxiátemalco, San Andrés Mixquic y San Juan Ixtayopan).

Para realizar valoraciones del arbolado afectado por plagas y enfermedades en el año de 2004, se trataron una superficie de 800 has.

En la zona boscosa, para controlar el muérdago enano (*Arceuthobium globosum*), se realizó el saneamiento en 954 pinos en la Comunidad de San Miguel Topilejo y el combate del insecto descortezador (*Dendroctonus mexicanus*) en 211 árboles de coníferas del Parque Ecológico de la ciudad de México, ambos de la Delegación Tlalpan.

De las acciones y avances que se tuvieron hasta el periodo comprendido en el segundo semestre del año 2004, se destacan las siguientes:

- Acciones para el control de la plaga del eucalipto mediante la liberación del insecto parasitoide *Psyllaephagus bliteus*, siendo el Distrito Federal la primera entidad que atiende este problema de forma sistemática.
- El Fideicomiso Ambiental autorizó un monto de 8.1 millones de pesos para continuar el programa de ataque a la plaga que afecta los eucaliptos de la Ciudad de México. Durante el periodo se han liberado 32,933 parasitoides en 12 delegaciones políticas del Distrito Federal

En el Estado de México, durante el periodo 2007-2008, dentro de las actividades para detectar, evaluar daños y asistir técnicamente a productores con predios afectados por plagas y enfermedades forestales, Probosque llevó a cabo el diagnóstico fitosanitario en 187 824 ha; se apoyó la ejecución de trabajos de saneamiento en 73 ha y, de manera directa, realizó el combate y control de plagas y enfermedades en 55 ha. Así mismo, se realizó el Convenio de Concertación con el fin de establecer bases y lineamientos para el cumplimiento de la cláusula cuarta del Convenio de Concertación del 17 de noviembre de 2003 para realizar acciones de restauración y conservación de suelos a través de reforestaciones.

#### Beneficios.

Se mejoró el estado fitosanitario de la masa forestal de la ZMVM. Se comenzó el rescate de microcuencas y ríos contaminados que a su vez contaminan el aire de la ZMVM.

#### Recomendaciones.

Realizar las acciones de identificación de los sitios con daño, o en estado de riesgo, realizar un inventario y valoración de daños, promover un esquema de incentivos para los habitantes de las comunidades a fin de lograr esquemas de participación en limpieza, saneamiento, mantenimiento y conservación de los recursos naturales. Realizar estudios en los ríos de la ZMVM para determinar su aporte a la contaminación de la atmósfera de la ZMVM, principalmente de COVs y NH<sub>3</sub>.

Clave: G2-11-RN11

Medida en curso

## 12. RECUPERACION, RESTAURACION, CONSERVACIÓN Y AMPLIACION DE LAS AREAS VERDES URBANAS DE LA ZMVM.

### Objetivo.

Promover, fomentar, y ejecutar acciones en materia de protección, desarrollo y conservación de los recursos naturales en bosques urbanos y áreas verdes urbanas.

### Instituciones involucradas

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SDA-GEMEX.

### Actividades realizadas.

En 2002 las reformas a la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de áreas verdes urbanas, presentaron una importante evolución en materia de regulación y protección de áreas verdes y permitieron la realización del inventario general de las áreas verdes del Distrito Federal y los respectivos inventarios delegacionales correspondientes al territorio bajo su jurisdicción, además de los programas delegacionales de manejo de áreas verdes. El inventario de las áreas verdes adquiere particular relevancia al considerar que hasta el año de 2002, la ciudad de México sólo contaba con estimaciones cualitativas de carácter general.

En el proceso de reclasificación de las áreas verdes urbanas en el Distrito Federal, se elaboró en coordinación con la Asamblea Legislativa, la Propuesta de Modificación a las Leyes y Reglamento correspondientes creando una categoría inédita en la legislación ambiental del País; la de áreas de valor ambiental que reconoce los servicios ambientales de diversas áreas verdes en suelos urbanos.

En diciembre de 2003, se decretó al Bosque de Chapultepec como Área de Valor Ambiental. Se elaboró el Programa de Manejo Integral de los Bosques de Chapultepec y San Juan de Aragón. Así mismo, durante el 2003 se elaboró un Plan Maestro para la Rehabilitación del Bosque de Chapultepec, mismo que empezó a llevarse a cabo en el mes de abril del año 2004.

En 2003 el Fideicomiso Ambiental autorizó 8.1 millones de pesos para el control de la plaga del Eucalipto mediante la liberación del insecto parasitoide *Psyllaephagus bliteus*. Desde 2001 a 2009 se han liberado 9 885 parasitoides en las 16 delegaciones del Distrito Federal registrando un parasitismo del 75% en el arbolado existente. En 2004 el Gobierno del Distrito Federal a través de la SMA-GDF, en coordinación con la SEDUVI, las Delegaciones Políticas y Organizaciones no Gubernamentales, puso en marcha el Programa de Sustitución de Eucalipto en Condiciones de Alto Riesgo.

El 8 de diciembre del 2006 se publicó la actualización de la NADF-001-RNAT-2006 que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal.

En el mes de agosto de 2007 el gobierno de la ciudad anunció que rescatará 22 espacios públicos y áreas verdes de Circuito Interior, como parte del Programa Ciudad Verde, este programa ya está en marcha y se dio inicio con la reforestación en Río Consulado sobre Circuito Interior.

En el mes de junio de 2008, se inauguró la Azotea Verde del Centro de Desarrollo Infantil (CENDI) del Sistema de Transporte Colectivo Metro, como parte de las acciones que contempla el Plan Verde de la Ciudad, y se buscará que continúe realizándose en un mayor número de edificios de gobierno, así como

en el sector privado. Esta Azotea Verde tuvo un costo de un millón 541 mil 939 pesos y se transformó con plantas arbustivas y pasto en una superficie de 1 190 m<sup>2</sup>.

La *naturación* de azoteas, será una de las prioridades del Gobierno de la Ciudad, ya que entre los beneficios que tienen las azoteas verdes están: la captura de polvo y partículas suspendidas que causan enfermedades en las vías respiratorias, funciona como aislamiento acústico; además de servir para captar el agua de lluvia y devolver la humedad al medio ambiente.

En el 2008 se establece el Programa de Mejoramiento y Recuperación de Espacios Públicos y adopción de áreas verdes, el cual promueve entre particulares la adopción de una extensión determinada de área verde para su mantenimiento y cuidado. Debido a que solo el 35 % de las áreas verdes tienen algún tipo de manejo es necesario hacer extensivo este programa.

Durante el transcurso del 2008, la población ha adoptado 11 708 m<sup>2</sup> y se encuentran en proceso de adopción 188 525 m<sup>2</sup>, el proyecto se realiza con las delegaciones, y la DRUPC. Participa en la elaboración de las bases de colaboración para la adopción de áreas verdes.

En el 2008 se dio mantenimiento a 178.26 ha de áreas verdes en las secciones 1a y 2a sección del Bosque de Chapultepec.

Se decretaron 33 barrancas bajo la figura legal de Áreas de valor Ambiental, cuyo objetivo es proteger y conservar los espacios verdes urbanos, con un alto valor ecológico o que aportan servicios ambientales indispensables a la ciudad. Para finalizar el 2008 se tiene la meta de decretar diez barrancas (Tarango, Atzoyapan, Bezares, Echanove, Texcalatlaco, Barrilaco, San Borja, Milpa Vieja, Pachuquilla y Río Mixcoac) y cuatro bosques urbanos (Bosque de San Juan de Aragón, Bosque de Tláhuac, Bosque de San Luis Tlaxialtemalco y Bosque de Nativitas) como áreas de valor ambiental.

El 25 de septiembre del 2007, se instaló el grupo de trabajo para discutir el Proyecto de Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-013-RNAT-2007, que establece las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de *naturación*. El proyecto fue publicado para la etapa de comentarios en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 16 de julio del 2008.

Durante el 2008 se adoptaron formalmente 15 áreas verdes con una superficie total de 181 724 m<sup>2</sup> mientras que en el 2009, se adoptaron 17 áreas verdes con una superficie de 28 365 m<sup>2</sup>.

En los dos últimos años, el GDF ha creado más de 8 700 m<sup>2</sup> de *naturación* en inmuebles de su propiedad.

En este periodo, con un presupuesto de \$9 160 000 pesos, la Secretaría de Medio Ambiente a través de la Dirección de Reforestación Urbana, Parques y Ciclovías, en convenio con la Universidad de Chapingo, realizó trabajos de *naturación* en los siguientes espacios.

- Escuela preparatoria Coyoacán "Ricardo Flores Magón" con una extensión de 2 225 m<sup>2</sup> conformada por 155 596 crasuláceas del género Sedum.
- Hospital de especialidades Dr. Belisario Domínguez, en la delegación Iztapalapa, con una extensión de 975 m<sup>2</sup> conformada por 67 970 crasuláceas.
- Escuela Preparatoria Iztacalco "Felipe Carrillo Puerto" con una extensión 1 500 m<sup>2</sup> conformada por 105 000 crasuláceas del género Sedum.
- Centro de educación Ambiental Yautlica con una extensión de 1 500 m<sup>2</sup>, conformada por 105 434 crasuláceas del género Sedum.
- Trabajos de *naturación* en la azotea del CENDI de la calle de Delicias, con una extensión 1 189 m<sup>2</sup> conformada por 2 934 plantas arbustivas y 1 071 m<sup>2</sup> de pasto.
- Edificio del Metro Insurgentes, con una extensión de 1 037 m<sup>2</sup> conformada por 93 330 crasuláceas del género Sedum.

La SMA-GEM a través de la coordinación General de Conservación Ecológica, dentro de sus principales acciones lleva a cabo el programa de áreas verdes urbana en 59 municipios de la ZMVM.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y como una recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en términos sociales se deberá dotar a los habitantes de las grandes urbes de espacios recreativos y de esparcimiento, recomendando un mínimo de 9 m<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas por habitante. En cumplimiento a esta recomendación, desde el año 2000, la SMA-GEM por conducto de la CGCE, ha reforestado y rehabilitado 284 parques urbanos municipales, en zonas densamente pobladas de 41 municipios metropolitanos del Valle de México, con 127 823 árboles en una superficie de 419 ha. Previa concertación y participación ciudadana y municipal, se realizaron trabajos de plantación de árboles ornamentales con tallas superiores a los 2.5 m, árboles destinados a formar seto, instalación de 263 letreros de identificación, 85 módulos de juegos infantiles, mil contenedores de basura, 1 660 bancas, 48 079 m de guarniciones, 60 164 m<sup>2</sup> andadores, 29 516 m de malla ciclónica y suministro de tierra vegetal; logrando un beneficio a más de 1.7 millones de habitantes de la ZMVM en materia de recreación, esparcimiento, paisaje y salud, obteniendo un promedio de área verde de 2.45 m<sup>2</sup> por habitante. Cabe recordar que la meta propuesta es de 3 m<sup>2</sup> por habitante.

### Beneficios.

Ha habido un incremento importante de áreas verdes en la ZMVM, este aumento, además de la producción de oxígeno y absorción de carbono, retiene e infiltra agua, reduce la erosión del suelo y contribuye a la remoción de contaminantes.

### Recomendaciones.

Es sumamente importante contar con una mayor extensión de área verde debido a la estrecha relación que existe entre la contaminación y la ausencia de las mismas, por lo que se debe continuar con los programas de recuperación de dichas áreas, así como de las barrancas ya que su riqueza ambiental es fundamental debido a que son espacios que captan y conducen el agua hacia los vasos de retención.

Realizar la estimación cuantitativa de los beneficios que la presencia de áreas verdes representa no solamente en la absorción de CO<sub>2</sub>, sino también de los contaminantes criterio.

Clave: G2-13-RN13

Medida en curso

### 13. PROGRAMA DE CAPACITACION, INSTRUMENTACION Y ESTABLECIMIENTO DE ESQUEMAS DE FINANCIAMIENTO PARA LA PRODUCCION AGROPECUARIA Y FORESTAL SUSTENTABLE.

#### Objetivo.

Capacitar a los productores agrícolas, pecuarios y forestales, la aplicación de métodos y técnicas de trabajo que les permita optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales.

#### Instituciones Involucradas.

SAGARPA, SEMARNAT, SEDESOL, SE, STPS, SEP, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SDA-GEMEX, SDA-GEMEX, SECBS-GEMEX e instituciones de investigación.

#### Actividades realizadas.

En el Distrito Federal el programa Integral de Empleo Productivo y Sustentable (PIEPS), inició su operación en el 2001 para atender las necesidades de empleo temporal de los habitantes de zonas rurales, ha sido enfocado a las actividades de producción rural y de conservación, vigilancia y restauración de los recursos naturales, en general este programa atiende a la población en alta y muy alta marginalidad. El monto total de inversión de este programa acumulado desde 2001 hasta septiembre del año 2004, suma 181 millones 181 mil 741 pesos en apoyo a 4 136 grupos de trabajo, generándose 48 618 ayudas de autoempleo.

El Programa de Fondos Comunitarios para el Desarrollo Rural Equitativo y Sustentable (FOCOMDES), atiende desde 2001 las necesidades de los campesinos del Distrito Federal a través de inversión productiva para la conservación y restauración de los bosques. Se refiere a inversión fija, diferida y capital de trabajo en los proyectos de mediano y largo plazo, y subsidia la inversión fresca sobre la base de los recursos con que cuentan los grupos y organizaciones sociales. El programa se ha orientado gradualmente a favorecer el apoyo de los proyectos y procesos que permitan conservar y recuperar recursos naturales. El monto total de inversión de este programa, acumulado desde 2001 hasta septiembre del año 2004, suma 290 millones 193 mil 203 pesos a favor de 1 592 grupos de trabajo.

A partir del reconocimiento de la importancia de los servicios ambientales que genera el suelo de conservación del Distrito Federal, en el ejercicio 2007, el programa de Fondos Comunitarios para el Desarrollo Rural Equitativo y Sustentable (FOCOMDES) operó con la finalidad de buscar la sustentabilidad de la zona rural a partir de la entrega de recursos financieros bajo la figura de subsidio, con lo que se beneficiaron 5 360 productores de las delegaciones con suelo de conservación, con un presupuesto de 54.9 millones de pesos; en el 2008, se sustituyó por la modalidad de los Fondos para la Conservación y Restauración de Ecosistemas (FOCORE) y el Programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a través de la Participación Social (PROFACE).

Así mismo, durante el 2007, el Programa Integral de Empleo Productivo y Sustentable (PIEPS) atendió 1 258 solicitudes de las delegaciones con suelo de conservación, que beneficiaron de manera directa a 11 947 productores con apoyos en mano de obra, para lo que se destinaron 48.4 millones de pesos; en el 2008 se sustituye por la modalidad APASO del programa PROFACE.

El Programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a través de la Participación Social (PROFACE) se crea en el 2008, y considera dos modalidades: los FOCORE y el Apoyo

para la Participación Social en Acciones para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas (APASO), los cuales están orientados al financiamiento de proyectos, y la proporción de mano de obra en los programas de trabajo para la protección, conservación o restauración de ecosistemas del suelo de conservación.

El 25 de febrero de 2009 se publicó en la Gaceta Oficial la declaratoria sobre protección de las razas de maíz del altiplano mexicano, cultivado y producido en el suelo de conservación del Distrito Federal.

Con el programa PROFACE, se contempla una línea de apoyo denominada fomento a prácticas productivas agroecológicas y preservación de semillas nativas, para la conservación de recursos genéticos y su mejoramiento, entre ellas las razas de maíz nativo del altiplano mexicano. Bajo este contexto, con recursos del programa PROFACE se ha beneficiado a 368 grupos en una superficie de 1 192 ha, por un monto de \$ 6 461 445.00.

En el Estado de México, se actualiza el Padrón de la Industria Forestal 2003, con 78 aserraderos y madererías, buscando la regularización total de los mismos. Del Programa Integral de Empleo Productivo y Sustentable (PIEPS), la CORENADER había entregado al 2 de julio 2002 alrededor de 36 millones de pesos que han servido para el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural, preservación de los recursos naturales, fomento a la capacitación y transformación de tecnología apropiada y de la infraestructura productiva e hidroagrícola, promoviendo la integración empresarial.

#### Beneficios.

Se han beneficiado más de 6 000 grupos de trabajo de campesinos y habitantes de zonas rurales con el PIEPS y el FOCOMDES. En el 2007, con el PIEPS se beneficiaron de manera directa 947 productores con apoyos de mano de obra y con el FOCOMDES se beneficiaron más de 5 000 productores de las delegaciones con suelos de conservación. En el 2008 con el FOCORE reautorizaron 160 proyectos y se benefició a 1 463 personas de delegaciones con suelos de conservación y con el APASO se autorizaron 516 proyectos y se han beneficiado 6 327 personas.

#### Recomendaciones.

Integrar grupos de especialistas por tema que proporcionen cursos de capacitación, para desarrollar proyectos productivos que garanticen la implementación de las nuevas tecnologías, así como fortalecer esquemas financieros que permitan el desarrollo de procesos sustentables.

Clave: G2-14-RN14

Medida en curso

## 14. PROYECTO DE CONSERVACIÓN ECOLÓGICA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO.

### Objetivo.

Contribuir al mejoramiento de la calidad del aire y de vida de los habitantes incorporando la participación de los tres niveles de gobierno, del sector privado y la sociedad en general, mediante el incremento de la cobertura vegetal y la recuperación de los principales cuerpos de agua.

### Instituciones involucradas.

SHCP, BID, BANOBRAS, SDA-GEMEX, SMA-GDF, SMA-GEMEX, Municipios y Delegaciones, Instituciones educativas, Comités municipales de prevención y control del crecimiento urbano, Poseedores y Propietarios de los terrenos de las ANP.

### Actividades realizadas.

Dentro del programa de fomento a la cultura ambiental e importancia de los ecosistemas de las Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal, se impartieron 282 cursos, con 1 112 alumnos de nivel primaria, secundaria y preparatoria, logrando difundir entre la población la importancia ambiental y biológica de las ANPs para fomentar la cultura por la conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Durante el periodo 1998-2007 se reforestaron 31 936 ha con 72.6 millones de árboles, en el periodo del 1 octubre del 2007 al 30 de septiembre del 2008 se logró el establecimiento de 276 500 árboles.

En el Estado de México se realizaron las siguientes obras para la conservación ambiental.

- Parque Estatal Sierra de Guadalupe en el 2006, construcción de presas gavión, para la retención de azolve e infiltración de agua.
- Parque Estatal Sierra de Tepotzotlán en el 2006, construcción de presas gavión, para la retención de azolve e infiltración de agua.
- Parque estatal Sierra de Guadalupe en el 2007, construcción del centro eco-turístico y de Educación Ambiental "Sierra de Guadalupe".
- Parque Estatal Sierra Hermosa en el 2008, Construcción de vivero regional, vivero para la producción de 1.5 millones de plantas para la ZMVM.
- Parque Estatal Cerro Gordo en el 2008, Formación de ocho cuerpos de agua, obras para la captación de agua.

Como parte de la relación de convenios interinstitucionales, la Coordinación General de Conservación Ecológica firmó con diversos municipios los siguientes convenios para la rehabilitación y reforestación de áreas verdes urbanas.

2002 se firmaron 19 convenios.

2003 se firmaron 21 convenios.

2004 se firmaron 4 convenios.

2005 se firmaron 9 convenios.

2006 se firmaron 8 convenios.

2008 se firmaron 3 convenios.

En el Distrito Federal en el 2009 como parte del programa de reforestación urbana, se plantaron:

193 482 plantas, 80 066 árboles, 38 192 arbustos, 55 224 ornamentales.

Dentro de la reforestación del suelo de conservación se logro el establecimiento de 2 millones de árboles en el periodo de octubre 2008-septiembre 2009.

#### Beneficios.

Al tener aumento de reforestación y de áreas verdes en la ZMVM, se genera mayor producción de oxígeno y absorción de carbono, se retiene e infiltra agua, se reduce la erosión del suelo y se contribuye a la remoción de contaminantes.

#### Recomendaciones.

Implementar las acciones conducentes a restablecer la recuperación de un hábitat saludable y sustentable a través de la coordinación de las diferentes instancias de gobierno con la población civil.

Clave: G2-15-RN15

Medida en curso

## 15. PROGRAMA DE RECUPERACIÓN DE SUELOS EROSIONADOS EN LA CUENCA ORIENTAL DEL VALLE DE MÉXICO.

### Objetivo.

Mitigar la emisión de partículas suspendidas generadas en la cuenca Oriental para mejorar la calidad del aire en la ZMVM.

### Instituciones involucradas.

SHCP, BID, BANOBRAS, SMA-GEMEX, SDA-GEMEX, SMA-GDF, Municipios y Delegaciones, Instituciones educativas, Comités municipales de prevención y control del crecimiento urbano, Poseedores y propietarios de los terrenos de las ANP.

### Actividades realizadas.

La SE-GEMEX obtuvo financiamiento por 99 millones 700 mil pesos del Fideicomiso Ambiental del Valle de México, para implementar el Programa para Mitigar la Emisión de Partículas Suspendidas en el Valle de México, en el cual se describen las siguientes acciones:

- Extracción de 1.05 millones de m<sup>3</sup> de azolve del Lago Churubusco, aumentando el espejo de agua en 42 hectáreas adicionales.
- Construcción de 23 800 m de barreras forestales rompevientos.
- Equipamiento de planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad de 500 litros por segundo.
- Establecimiento de un sistema de riego para humedecer las 800 has. que forman la estructura del evaporador solar denominado "El Caracol".
- En la subcuenca del río San Juan Teotihuacán se realizaron 10 000 m de terraceo, 850 000 m de subsoleo, se construyeron 33 000 zanjas trinchera y se plantaron 1.75 millones de árboles.
- En la subcuenca del río San Francisco se construyeron 15 000 m de brechas, 100 000 m de terraceo, 978 456 m de subsoleo, 33 750 zanjas trinchera, 29 presas de control de azolve y se plantaron 1.77 millones de árboles.
- Recuperación de Suelos en la Subcuenca del Río la Compañía.
- Inversión: \$67 688 320.00 con recursos del FIDAM
- Reducción de 62 000 m<sup>3</sup> por año de azolve.
- Retención de 15 millones de m<sup>3</sup> por año de escurrimientos pluviales.
- Producción de 3.0 millones de árboles forestales.
- Construcción de 186 140 zanjas trinchera con mano de obra campesina.
- Plantación de 1.5 millones de árboles.
- Construcción de 424.7 km de terraceo, 4 122.4 km de subsuelo, 77.4 km de Brechas y 140 presas de control de azolve.

## Beneficios.

Se espera disminuir una cantidad importante de partículas suspendidas (170 000 ton/año de PM<sub>10</sub>), restaurar áreas verdes y generar un medio ambiente más amigable tanto en salud como en mejora del paisaje urbano.

Es importante revisar la metodología de estimación de la contribución de suelos erosionados a la emisión de partículas en la ZMVM, de manera que puedan proponerse inversiones costo-beneficio.

## Documentos de Referencia

Boletín Comunicación Social del GDF. 1103 del Miércoles, 01 de julio de 2009.

CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2004, PROAIRE 02-10: Informe ejecutivo de avances 2002-2003.

Conafor y Colegio de Postgraduados. 2008. Evaluación externa de los apoyos de suelos forestales 2007.

Dirección General de Recursos Naturales y Desarrollo Social del Distrito Federal 2006.

DGPCCA con datos del INEGI, Anuarios estadísticos del Estado de México, varios años.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2 de agosto del 2002, no. 105.

Gaceta Oficial Distrito Federal 2 de diciembre del 2003.

Gaceta Oficial del Distrito Federal 19 agosto 2005.

Gaceta oficial del Distrito Federal 11 de enero DE 2006.

Gaceta Oficial del Distrito Federal 5 de agosto 2008.

Informe de la Dirección General de Recursos Naturales y Desarrollo Social del Distrito Federal. 2006.

Informe de la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, GEMEX. Nov. 2009. Acciones y avances en la instrumentación de medidas del PROAIRE 2002-2010 para la conservación de los recursos naturales.

Informe de la Coordinación General de Conservación Ecológica. GEMEX. Nov 2009. Reporte de actividades realizadas en el Grupo 2 de Recursos Naturales, PROAIRE 2002-2010.

NADF-013-RNAT-2007, que establece las especificaciones técnicas para la instalación de sistemas de naturación. El proyecto fue publicado para la etapa de comentarios en la Gaceta Oficial del del 16 de julio del 2008.

SEDAGRO. Secretaría de Desarrollo Agrario del Gobierno del Estado de México. 2009. Fideicomiso para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos del Estado de México. Listado 2008.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2006. Informe de resultados 2000-2005 y acciones 2006 en la Calidad del Aire.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2007. Primer Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.

SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2008. Segundo Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.

- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Tercer Informe de la Secretaría del Medio Ambiente.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Registro de emisiones y transferencia de contaminantes. Primer Informe RETC-DF-2006.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Avances PROAIRE 2002-2010.
- SMA-GDF. Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. (varios años). Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones. Inventarios de emisiones de contaminantes criterio a la atmósfera de la ZMVM, 2000, 2002 y 2004.
- SMA-GEMEX . Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México. 2008. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica. Diagnóstico Ambiental de las 16 regiones del Estado de México.
- SMAGEM <http://www.edomex.gob.mx/medioambiente/dependencias/cepe>

## 4.5 MEDIDAS DE PROTECCIÓN A LA SALUD

Clave: G10-1-PS1
------------------

Medida terminada
------------------

### 1. MODERNIZACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS (PCAA).

#### Objetivo.

Actualizar el programa de contingencias ambientales para reducir las emisiones de contaminantes durante episodios agudos de contaminación del aire y mejorar la calidad del aire en la ZMVM.

#### Instituciones Involucradas.

SS, SEMARNAT, PROFEPA, SMA-GDF, SE-GEMEX, industriales y particulares.

#### Actividades realizadas.

En agosto de 2006 se publicó en la Gaceta Oficial del Gobierno del Distrito Federal el decreto que modifica el Programa de contingencias atmosféricas (PCAA). En él se indica que las modificaciones entran en vigor a partir del día 1 de septiembre de 2006. La actualización del manual del PCAA fue publicado después de remitir el área jurídica su revisión.

Considerando que los sábados se presentaban niveles de emisión similares a los días laborales, en el 2007 se decidió implementar medidas para reducir los índices de aplicación de contingencia ambiental e incluir los fines de semana.

El trabajo conjunto con el Estado de México en el programa Hoy No Circula Sabatino que aplica a partir del mes de julio del 2008, se reforzó con la publicación en la Gaceta Oficial de D.F. el 19 de junio del mismo año, referente al acuerdo que establece las medidas para limitar la circulación de vehículos automotores en las vialidades del Distrito Federal, para controlar y reducir la contaminación atmosférica.

Para reforzar lo anterior se actualizó el decreto por el que se expide el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Distrito Federal. El cual fue publicado el 30 de junio del 2008.

Aunque en los últimos años los valores de IMECA para la activación y desactivación de la fase I de Contingencias ambientales ha disminuido, a partir del 30 de junio del 2008 entró en vigor el "Decreto por el que se reforma y adiciona el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en el Distrito Federal", con el cual se prevén mayores reducciones en los próximos años.

Posteriormente el 30 de junio de 2009 se actualizó y publicó el manual del PCAA, en el que se establecen en los numerales 7, 8 y 9.1 que indican que a partir del 1 de julio de 2009 se reducirán los límites de activación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) por ozono y partículas menores a 10 micrómetros en la Zona Metropolitana del Valle de México. Al 2009 el valor del Índice Metropolitano de Calidad de Aire en el que se activa el plan de contingencia, se ha reducido de 240 a 190 puntos. Se pretende que para el año 2011 el programa de precontingencias se active cuando alguno de los dos contaminantes llegue a 150 IMECAS.

Cuadro 4.55. Cronología del Programa de Contingencias en la ZMVM

## VALORES IMECA PARA PRECONTINGENCIA.

PRECONTINGENCIA	INICIO (IMECA)				SUSPENSIÓN (IMECA)
	Julio 2008	Julio 2009	Julio 2010	Julio 2011	
OZONO	Mayor a 165	Mayor a 160	Mayor a 155	Mayor a 150	Menor a 150
PM <sub>10</sub>	Mayor a 160	Mayor a 160	Mayor a 155	Mayor a 150	Menor a 150

## VALORES IMECA PARA FASE I.

CONTINGENCIA POR:	INICIO (IMECA)				SUSPENSIÓN (IMECA)
	Julio 2008	Julio 2009	Julio 2010	Julio 2011	
OZONO	Mayor a 195	Mayor a 190	Mayor a 185	Mayor a 180	Menor a 150
PM <sub>10</sub>	Mayor a 175	Mayor a 175	Mayor a 175	Mayor a 175	Menor a 150
OZONO Y PM <sub>10</sub> (Combinada)	Mayor a 175 de Ozono y Mayor a 125 de PM <sub>10</sub>	Mayor a 170 de Ozono y Mayor a 125 de PM <sub>10</sub>	Mayor a 165 de Ozono y Mayor a 125 de PM <sub>10</sub>	Mayor a 160 de Ozono y Mayor a 125 de PM <sub>10</sub>	Menor a 150

Con la información producto del análisis de las bases de contaminantes ambientales y de la información epidemiológica, la Secretaría de Salud a través de la COFEPRIS presentó una propuesta de cambio en el Plan de Contingencias Ambientales de la ZMVM, la cual consiste en:

- Bajar el nivel de activación de contingencia de 240 a 180 puntos IMECA de ozono.
- Disminuir anual/bianual 10 puntos IMECA de ozono hasta cumplir la norma de protección a la salud de la población (100 puntos IMECA).
- Actualizar el nivel de activación de contingencia de acuerdo a la modificación de la concentración de la norma de ozono.

## Beneficios.

Con la modernización y actualización del programa de contingencias ambientales atmosféricas se ha logrado reducir la exposición de la población a los niveles de contaminación alcanzados en años anteriores, la actualización de las normas de activación de la contingencia ambiental ha logrado la concientización de los diferentes actores a revertir la tendencia de la emisión de contaminantes.

## Recomendaciones.

Seguir actualizando y disminuyendo los niveles de activación para contingencias por ozono Y PM<sub>10</sub> hasta alcanzar los valores de la norma. Promover la exención de establecimientos que reduzcan COVs.

Establecer niveles de activación para contingencia por PM<sub>2.5</sub>.

Clave: G10-2-PS2

Medida en curso

## 2. MEDIDAS PARTICULARES PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.

### Objetivo

Comunicar las estrategias, medidas y acciones que la población en general puede realizar para disminuir la exposición a contaminantes atmosféricos.

### Instituciones Involucradas

SS, SEMARNAT, PROFEPA, SMA-GDF, SE-GEMEX, SS-GDF, SS-GEMEX.

### Actividades realizadas.

Se elaboró en la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal un documento denominado "Medidas de Protección a la Contaminación del Aire y Ante Situaciones de Emergencia Ambiental". Se propuso elaborar en colaboración con la SS-GDF, material de difusión para la población, sobre los efectos de la contaminación y las medidas de protección en la salud ante los contaminantes.

La SMA-GDF ha dedicado esfuerzos para mantener a la población informada de las condiciones ambientales reales por medio de la renovación de sus medios de difusión, principalmente su página Web y la información en tiempo real que ésta contiene. Se realizaron en el 2008 actividades y talleres de educación ambiental a diversos sectores de la población y en los eventos de índole ambiental se ha promovido el mejoramiento del Programa de Educación Ambiental Itinerante (EDUCABIT) con apoyo del Fondo Ambiental Público.

Con el objetivo de proteger la salud de más de 20 millones de habitantes del Valle de México, los gobiernos del Distrito Federal y Estado de México en el mes de Noviembre de 2007 anunciaron el programa conjunto Temporada Invernal 2007-2008, que contempla acciones preventivas para evitar emisión de contaminantes. Este plan metropolitano estará vigente durante los meses de diciembre y enero, el cual también incluye monitoreo atmosférico y la participación de ambas entidades.

### Beneficios.

Al proteger la salud de la población mediante la educación ambiental, se tiene ahorros tanto de recursos de salud como económicos, al disminuir las incidencias patológicas relacionadas con la exposición a los contaminantes atmosféricos.

### Recomendaciones.

Desarrollar un programa de comunicación de riesgos y efectos en salud de la población de la ZMVM causados por contaminación atmosférica y programas locales de educación ambiental.

Clave: G10-7-PS3

Medida en curso

### 3. PERCEPCIÓN SOCIAL Y COMUNICACIÓN DE RIESGOS.

#### Objetivo

Modificar hábitos y actitudes de los habitantes de la ZMVM, tendientes a promover una cultura de protección a la salud, que disminuya el impacto de la contaminación del aire, mediante la implementación de un programa de comunicación de riesgos.

#### Instituciones Involucradas:

SS, CAM, SEMARNAT, PROFEPA, SMA-GDF, SE-GEMEX, SS-GDF, SS-GEMEX, instituciones educativas y de investigación.

#### Actividades realizadas.

Se han realizado las siguientes actividades que se encuentran en el Programa de comunicación de riesgos

- Difusión de la información sobre la calidad del aire, en la página de internet de la Secretaría del Medio Ambiente [sma.df.gob.mx](http://sma.df.gob.mx) y/o vía telefónica del conmutador 52789931, para que la población evite zonas de alta contaminación en horas y días específicos, además de inducir a una cultura ambiental de responsabilidades públicas y privadas para la prevención de la contaminación.
- Orientación a la población con medidas para proteger la salud, con la finalidad de dar opciones para evitar la exposición y adoptar hábitos de vida que prevengan contra la contaminación del aire.
- Actualización del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA), reforzando medidas para la protección de escolares y grupos vulnerables (adultos mayores, y pacientes con afectaciones cardiovasculares e isquémicas del corazón ante episodios de elevada contaminación.
- Actualización e incorporación de nuevas normas para protección de la salud, con la finalidad de establecer objetivos de calidad del aire acordes con las necesidades de preservación de la salud.
- Modernización del Programa de Vigilancia Epidemiológica de la ZMVM, para fortalecer el seguimiento de indicadores de los síntomas y padecimientos relacionados con la exposición a los contaminantes del aire, dirigido a la diferenciación de dichos efectos por grupos de población específicos.
- Tomando como base los resultados del proyecto Ecosistema urbano y salud de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México y en particular los de la percepción social de la contaminación del aire en la ZMVM, la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, elaboró una propuesta sobre comunicación de riesgos en medios masivos de comunicación, la cual se requiere la supervisión de los miembros de la CAM para su validación.

Con el objetivo de consolidar el desarrollo sustentable de la Ciudad de México, el Gobierno del Distrito Federal, presentó el Plan Verde para que los capitalinos puedan conocer, enriquecer y valorar acciones en materia ambiental: Suelo de Conservación, Habitabilidad y Espacio Público, Agua, Movilidad, Aire, Residuos, Cambio Climático y Energía.

En el mes de julio de 2008 se llevó a cabo la "Consulta Verde" donde se convocó a más de medio millón de personas que dieron su opinión sobre las 10 medidas de política ambiental más importante en la ciudad.

#### Beneficios.

La promoción de la cultura ambiental en los habitantes de la ZMVM, mejora la salud de la población y aumentan las posibilidades de alcanzar el desarrollo sustentable optimizando el uso de los recursos naturales.

#### Recomendaciones.

Difundir la educación ambiental con un mayor dinamismo en los tres órdenes de educación: Educación Formal, Educación No Formal y Educación Informal en el ámbito global y local, con el objetivo de que la población y gobernantes adquieran mejor cultura ambiental.

Clave: G10-3-PS4

Medida en curso

## 4. ACTUALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE COSTOS ECONÓMICOS ASOCIADOS A EFECTOS EN SALUD.

### Objetivo

Estimar periódicamente los beneficios económicos en salud asociados con la calidad del aire y establecer un sistema de indicadores de evaluación, así mismo es necesario diseñar y operar un sistema continuo de evaluación económica.

### Instituciones Involucradas

CAM, SEMARNAT, SMA-GDF, SE-GEMEX, SS-GDF, SS-GEMEX, grupo de economistas y académicos.

### Actividades realizadas

El valor económico del impacto que puede tener la disminución de la contaminación del aire, como una medida que justifica la instrumentación de acciones o programas para mejorar este recurso, suele estimarse en función del decremento de un contaminante en un lapso de tiempo.

En un estudio realizado en la ZMVM en año 2000 se evaluaron diferentes escenarios para estimar el impacto económico que tendría en 10 años la reducción del ozono y  $PM_{10}$  en estos escenarios se consideraron porcentajes de reducción de 10 y 20% e incluso un escenario de cumplimiento de la NOM de cada contaminante, en combinación con los métodos de valoración económica de pérdida de productividad, costos directos y disponibilidad a pagar. Esta combinación de métodos de valoración y de perspectivas de calidad del aire permitió desarrollar tres escenarios de valoración económica con relación a la disminución de contaminación, una valoración Alta, Media y Baja. Los resultados indicaron que la disminución de las concentraciones de ozono y  $PM_{10}$  por debajo de los límites que indican sus NOM respectivas, arroja beneficios económicos anuales sustanciales.

Retomando el estudio anterior, la COFEPRIS reporta que tomando en consideración los datos epidemiológicos de enfermedades respiratorias por contaminación atmosférica de la población que reside en la ZMVM, reportados por las unidades médicas, Centros de Salud y Clínicas de 2º y 3er nivel de atención durante el periodo 1999-2008, se realizó la estimación del costo de atención médica para algunos de los indicadores en salud tales como (Infecciones Respiratorias Agudas, Otitis media, Asma, Neumonía y Enfermedad Isquémica del corazón). En los servicios de consulta externa, hospitalización y urgencias, que implica la concurrencia de recursos humanos, tanto médicos como administrativos manejados como respuesta a los problemas respiratorios y vasculares; en la actualidad se continúan ajustando dichos costos conforme se va contando con mayor información real.

Otra opción para valorar económicamente el impacto de la contaminación del aire en la salud humana es el valor que pueden asignarle las personas al hecho de que un recurso esté en buen estado. En este caso las personas pueden estar dispuestas a pagar por evitar las situaciones, molestias e inclusive el dolor que resulta cuando un pariente enferma o muere. La respuesta a este tipo de cuestiones suele estar relacionada con factores como el ingreso de las personas y otras variables sociales.

### Beneficios.

Con los resultados de los estudios mencionados, se logra relacionar y cuantificar los beneficios de la calidad de la salud de la población con los avances en la calidad del aire y de este modo pueden realizarse análisis costo-beneficio para promover acciones de prevención de la contaminación.

### Recomendaciones.

Realizar estudios de mayor especificidad que cuantifiquen las relaciones de enfermedades de la población, contaminación ambiental y costos económicos, así mismo adaptar los sistemas de monitoreo con la afectación de la salud a nivel local.

Difundir a la brevedad los resultados asociados a los costos por enfermedades relacionadas con la contaminación, para que diferentes sectores puedan realizar los análisis costo-beneficio.

Clave: G10-4-PS5

Medida en curso

## 5. VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE LOS EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

### Objetivo

Evaluar de manera continua los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los habitantes de la ZMVM.

### Instituciones Involucradas

SS, SE-GEMEX, SS-GDF, SS-GEMEX, e instituciones del sector salud.

### Actividades realizadas.

La COFEPRIS desarrolló el análisis de información del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) que es uno de los componentes del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), el cual se rige por la NOM-017-SSA2-1994 que fue publicada en el DOF el 11 de octubre de 1999, donde se establecen los criterios y procedimientos para la obtención de información epidemiológica, así como la obligatoriedad de las entidades federativas e instituciones para la notificación.

De las bases del SUIVE se analizaron el número de casos nuevos por semana epidemiológica de 1999 a 2004, de los siguientes indicadores: IRAS, neumonías y bronconeumonías, otitis media aguda, asma y estado asmático, así como enfermedades isquémicas del corazón. La información está desglosada por grupos de edad y sexo a partir del 2003.

Se incluyeron datos de las 16 delegaciones del Distrito Federal y de los 28 municipios conurbados del Estado de México. Se agruparon los datos por zona, tomando en cuenta los municipios y delegaciones correspondientes a la zonificación por puntos IMECA. Se revisó la consistencia de reportes del total de casos de los 112 padecimientos, y se observó que no hubo variación significativa por delegaciones en el Distrito Federal y en los municipios conurbados.

Como parte de la estadística descriptiva se elaboraron gráficas para conocer la distribución de los indicadores en salud por tasas en los diferentes grupos de edad, observando en primer término las IRAS (cuya tasa fue mayor en los menores de 5 años) y en segundo término, las enfermedades isquémicas en los mayores de 65 años, mientras que otitis predominó en el grupo de 5 a 14 años.

Por otra parte, se observó un incremento en el número de casos de IRAS, otitis y asma, a medida que se incrementa la concentración horaria máxima de ozono. También se elaboraron gráficas de los indicadores para corroborar el comportamiento estacional y tendencia histórica de la información, variables que fueron tomadas en cuenta para el análisis de series de tiempo.

La COFEPRIS desarrolla a partir de 2005 el Sistema de Vigilancia Epidemiológica para periodos de precontingencia y contingencias ambientales, con el objetivo de desarrollar e implementar un sistema de vigilancia epidemiológica activa con unidades centinelas para identificar los daños a la salud producidos por la exposición a niveles altos de contaminantes ambientales en la zona metropolitana del valle de México durante el periodo invernal (de diciembre de 2005 a marzo de 2010), para establecer los determinantes de dichos daños a la salud. El sistema considera información de unidades médicas de primer nivel de la consulta externa diaria (hoja diaria del médico) y de la consulta de urgencia (hoja diaria de consulta en urgencias) ubicadas en las zonas Noroeste y Noreste de la ZMVM, sobre la causa

básica de consulta relacionada con padecimientos respiratorios como: Infecciones Respiratorias Agudas, Otitis Media Aguda, Asma y Estado asmático, así como conjuntivitis y cefalea. De igual manera considera información ambiental sobre precontingencias o contingencias ambientales, analiza las concentraciones de PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, y variables meteorológicas como: Temperatura Mínima y Humedad Relativa, para poder realizar una posible asociación de los efectos en la salud de la población con los episodios de altas concentraciones de algunos contaminantes criterio.

Con la información obtenida se elaboran gráficos de series de tiempo para cada uno de los contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas ya mencionados anteriormente y de las causas de consultas en los servicios de salud de las unidades médicas citadas, para desarrollar modelos que permitan asociar las concentraciones de los contaminantes con la incidencia de las consultas en las unidades de salud durante el período invernal de éstos años. Con la información obtenida se ha podido establecer la planeación de atención médica en los servicios (áreas de hospitalización, medicamentos, instrumentos y personal especializado, para atender la demanda de consulta externa y de urgencias en las unidades hospitalarias de la ZMVM.

Se obtuvieron valores por semana epidemiológica a partir de las fechas establecidas en los calendarios epidemiológicos, indicando los promedios y valores máximos por zona y estación de monitoreo, para calcular valores máximos de los promedios, máximos maximorums y promedios de los valores máximos.

#### Beneficios.

Se ha logrado sustentar las bases para la revisión de programas y normas oficiales en base a los efectos de salud de la población y la calidad del aire, así como establecer una clara necesidad de contar con un sistema permanente de evaluación entre los datos de contaminación, salud pública y políticas ambientales.

#### Recomendaciones.

Incluir en el sistema de vigilancia epidemiología redes locales que sea responsables de obtener la información de las condiciones ambientales y desarrollar una base de datos de las condiciones de salud pública local.

Difundir los resultados a la comunidad científica para que se realicen estimaciones independientes y análisis costo-beneficio.

Clave: G8-5-PPS6

Medida en curso

## 6. CREACIÓN Y REVISIÓN DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.

### Objetivo

Crear y actualizar las Normas Oficiales Mexicanas que establecen los criterios de calidad del aire ambiente como una respuesta de las nuevas necesidades sociales Instituciones Involucradas

### Instituciones Involucradas

SS, CAM, SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX, SE-GEMEX, SS-GDF, SS-GEMEX, instituciones de investigación superior, institutos y servicios de salud, organizaciones no gubernamentales, industria y académicos.

### Actividades realizadas.

El 26 de septiembre de 2005 se publicó en el Diario Oficial la modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de partículas. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire. Esta modificación hace referencia a nuevos criterios para determinar el cumplimiento de las normas, para el manejo de datos y el cálculo de los indicadores.

Con la información producto del análisis de las bases de contaminantes ambientales y de la información epidemiológica, la Secretaría de Salud a través de la COFEPRIS presentó una propuesta de cambio en el Plan de Contingencias Ambientales de la ZMVM, la cual consistió principalmente en:

- Bajar el nivel de activación de contingencia de 240 a 180 puntos IMECA de ozono (lo cual ya se realizó). Disminuir anual/bianual 10 puntos IMECA de ozono hasta cumplir la norma de protección a la salud de la población (100 puntos IMECA). Actualizar el nivel de activación de contingencia de acuerdo a la modificación de la concentración de la norma de ozono.
- En los años 2007 y 2008, se realizó la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población", con el objetivo de modificar los límites máximos permisibles establecidos en la norma NOM-022-SSA1-1993 para el período de 24 horas y la adición de un valor límite de concentración para un período corto de tiempo (8 horas), todo ello basado en evidencia científica reciente que documenta los efectos adversos en la salud de la población ocasionados por el este contaminante.

### Beneficios.

Con base en la revisión de normas de calidad de aire se ha reducido los niveles de activación de la contingencia ambiental con el consecuente aumento continuo de protección a la salud de la población.

### Recomendaciones.

Dada la importante relación existente entre las normas ambientales y la salud pública, se requiere profundizar el conocimiento científico y de campo para lograr reducir y alcanzar las normas de la Organización Mundial de la Salud y a largo plazo las de EPA-California.

Clave: G10-57-PS7

Medida en curso

## 7. INVESTIGACIÓN DE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA SALUD EN LA ZMVM.

### Objetivo.

Ampliar el conocimiento específico sobre los efectos de la contaminación en la salud y desarrollar estudios sobre efectos crónicos, para el fortalecimiento de la toma de decisiones.

### Instituciones Involucradas.

SS, SS-GDF, SS-GEMEX, INER.

### Actividades realizadas.

El "Programa de vigilancia, evaluación y comunicación del impacto de la contaminación atmosférica en la salud de la población de la ZMVM" se creó con el objetivo de apoyar la instrumentación de las medidas del "Programa para mejorar la calidad del aire en el Valle de México (PROAIRE) 2002-2010" en relación con los beneficios de la prevención, manejo y evaluación de los efectos de la contaminación del aire en la salud de la población, principalmente en niños y grupos sensibles.

La realización del proyecto "Evaluación de Exposición Personal a Contaminantes Atmosféricos en Población Sensible", se realizó durante los meses de abril a diciembre del 2004. Se midió la exposición a contaminantes atmosféricos en una población de 40 individuos, adultos mayores de más de 65 años, que habitan en un radio de 2.5 Km, en torno de las estaciones de monitoreo automático de la RAMA (Merced e Iztapalapa) en la Zona Metropolitana del Valle de México. Los patrones de actividad observados en la población de estudio, confirman que la mayor parte del tiempo los participantes estuvieron en ambientes intramuros, por ejemplo, en el hogar alrededor de un 70% del tiempo y un 13% en otros sitios. Cerca del 11% del tiempo se ubicaron en ambientes exteriores (en el exterior de su hogar, caminar y otros lugares) y el resto fue dedicado a transporte vehicular (7%). Los resultados que se presentan en el informe corresponden a las concentraciones encontradas en  $PM_{10}$ , y  $PM_{2.5}$ , principalmente, y los datos del contenido de carbón orgánico, elemental y total en partículas  $PM_{2.5}$ ,  $O_3$  y  $NO_2$ , así como su asociación con los contaminantes atmosféricos y las afectaciones a la salud de la población.

Durante el periodo de 1995 al 2000, la Dirección General de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud, implementó un Sistema de Vigilancia Epidemiológica Ambiental en la ZMVM, mediante la aplicación de encuestas diarias para obtener información sobre signos y síntomas asociados a contaminantes atmosféricos (tos sin/con flemas, dolor de garganta, falta de aire, silbidos en pecho, afonía, resequedad de nariz, dolor de cabeza, fiebre, catarro, ardor de ojos, ojos rojos, ojos llorosos, dolor de oídos). A su vez, a partir de 1997 se desarrolló un Plan Operativo de Contingencias Atmosféricas donde las clínicas y hospitales que lo integran, reportaban informes de morbilidad diaria sobre padecimientos respiratorios durante la activación de las fases I o II de contingencias atmosféricas.

El análisis de más de 300 000 individuos encuestados sobre signos y síntomas se llevó a cabo en el INSP, cuyos objetivos fueron:

- 1) Caracterizar los niveles de contaminación atmosférica de la información ambiental proporcionada por la RAMA en el periodo 1995-2000

- 2) Caracterizar la distribución poblacional de la sintomatología captada por el sistema de vigilancia epidemiológica ambiental en el periodo 1995-2000
- 3) Establecer puntos de inflexión que correlacione el nivel de contaminante con los síntomas, utilizando el modelo de regresión para mediciones repetidas

Las bases de datos contienen información de la población residente a 2.5 km. de 6 estaciones de monitoreo, las principales variables incluyen: edad, sexo, presencia o ausencia de síntomas respiratorios y oculares (incluyendo la severidad), así como diagnóstico médico de asma, IRAS, bronquitis y enfisema.

Inicialmente se levantaban encuestas diarias, independientemente de la activación de contingencias atmosféricas, posteriormente sólo se aplicaron en fechas y zonas específicas a las fases de activación.

En la estadística descriptiva se observó mayor prevalencia de síntomas de las vías aéreas superiores (tos sin flemas, falta de aire, silbidos en pecho), también se observó una asociación negativa de los efectos agudos por ozono y partículas menores a 10 micrómetros.

En el INSP se emplearon modelos de regresión logística para asociar la presencia de síntomas respiratorios con  $PM_{10}$  y ozono. El análisis estadístico incluyó métodos univariados, bivariados y múltiples.

La evaluación cuantitativa de los efectos adversos de la contaminación atmosférica se realiza mediante estudios de series de tiempo, empleando registros diarios de mortalidad y morbilidad por enfermedades pulmonares y cardiovasculares como medidas de impacto en salud. La exposición comunitaria se establece a partir de los registros de estaciones fijas de monitoreo ubicadas en sitios estratégicos. Comúnmente se emplean modelos de regresión lineal multivariados considerando los componentes de dinámica temporal como la tendencia y estacionalidad.

Por lo anterior, se planteó la necesidad de conformar un Grupo de Trabajo de expertos en el área con el objetivo de elaborar la propuesta conceptual y sistemática de un Sistema de Vigilancia Pasivo que genere información diaria, de manera confiable y eficiente, sobre indicadores agudos y crónicos de efectos en salud asociados a contaminantes atmosféricos, con el fin de conocer su frecuencia, prevenir la exposición y controlar los efectos adversos a la población. La organización operativa es mediante subsistemas: información en salud, información ambiental, análisis de información, difusión de la misma y evaluación del sistema. En el marco conceptual también se considera la definición de alertas para la protección de la salud de la población y el control de emisión de contaminantes. A la vez se pretende implementar el sistema de vigilancia en unidades centinela.

En febrero del 2006, se efectuó una reunión en la SEMARNAT sobre estudios de partículas cuyo propósito fue el ampliar el conocimiento sobre este contaminante.

Con el objetivo de determinar la asociación entre padecimientos respiratorios, tales como infecciones respiratorias agudas de las vías aéreas superiores (IRAS) y asma, con la exposición aguda a contaminantes criterio  $O_3$  y  $PM_{10}$ , en la población de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la COFEPRIS en conjunto con investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) desarrollaron modelos estadísticos de series de tiempo utilizando las bases de datos generadas mediante el "Sistema de vigilancia de indicadores en salud asociados a contaminantes atmosféricos en la ZMVM", para establecer la relación causa-efecto entre variables epidemiológicas y contaminantes atmosféricos que se presentan como Riesgo Relativo (RR) para cada padecimiento con las diferentes concentraciones de contaminantes criterio, haciendo énfasis en los grupo de edad vulnerables y las zonas geográficas específicas de la ZMVM durante el periodo de 1999 al 2004.

Los resultados obtenidos indicaron que el contaminante con mayor contribución en el deterioro de la salud de la población general fue el ozono, reportándose un RR para asma entre 0.2 y 6.8 casos por ppm (partes por millón) de ozono. En el grupo de edad de mayores de 65 años, se encontraron incrementos respectivos para asma e IRAS de 30 y 20.6 casos por ppm de ozono.

Durante el mes de mayo de 2008, se aprobó la ejecución del proyecto "Estado del conocimiento de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población de la Ciudad de México" con recursos del Fondo Ambiental Público se encuentra dentro del proceso administrativo previo a su autorización.

En el mes de noviembre del 2009 se entregó el informe del proyecto "Estado del Conocimiento sobre los Efectos de Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México", cuyos objetivos son evaluar, mediante fuentes secundarias y literatura científica publicada, los efectos en la salud asociados a la contaminación del aire en la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, haciendo énfasis en la contaminación por O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> con el propósito de orientar las políticas de gestión de la calidad del aire para la protección de la población del Distrito Federal.

En el mes de diciembre de 2009 se llevó a cabo el Seminario Internacional sobre Calidad del Aire y Efectos a la Salud donde expertos investigadores de otros países relataron sus experiencias en programas de calidad del aire y prevención de riesgos para la población por contaminación atmosférica.

#### Beneficios.

Se ha actualizado, relacionado y comprendido de manera más precisa los efectos de la contaminación atmosférica, en la salud de la población, por lo que la toma de decisiones ambientales tendrá mayor impacto benéfico en la población.

#### Recomendaciones.

Profundizar el estado de conocimiento sobre efectos de salud asociados a la contaminación del aire en la ZMVM, para una mayor cantidad de contaminantes, en este sentido los inventarios de contaminantes tóxicos y de COVs pueden representar el inicio de acciones posteriores de control.

Por otra parte, es necesario retomar los hallazgos científicos publicados en distintos artículos tanto de la campaña MILAGRO-2006, como de otras iniciativas para dirigir las acciones sobre concentraciones de algunas especies tóxicas presentes en la ZMVM.

Clave: G10-6-PS8

Medida en curso

## 8. EFECTOS EN LA SALUD ASOCIADOS CON FUENTES PUNTUALES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES.

### Objetivo

Conocer los efectos a la salud humana en sitios con presencia de altos niveles de contaminación.

### Instituciones Involucradas

SS, CAM, SEMARNAT, SMA-GDF, SE-GEMEX, SS-GDF, SS-GEMEX, instituciones educativas y de investigación.

### Actividades realizadas.

Se pretende evaluar las variaciones en las mediciones de exposición personal y su relación cuantitativa con los valores registrados en las estaciones fijas de monitoreo, así como la contribución que tiene la contaminación ambiental en la exposición personal, tomando en cuenta patrones de actividad, especialmente en grupos susceptibles.

Para cumplir con lo anterior, se han realizado las siguientes actividades:

- Elaboración del Protocolo del Estudio.
- Elaboración de instrumentos de colecta de información y trabajo de campo, tales como cuestionario de vivienda, diario de tiempo-actividad y carta de consentimiento informado.
- Selección y sensibilización de la población de estudio, misma que fue llevada a cabo por la empresa Bioplaneta, S.A. de C.V., contrato que a la fecha quedo finiquitado.
- Capacitación de personal técnico para uso y funcionamiento del equipo de monitoreo personal, impartido por el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA).
- Se efectuaron 2 campañas piloto de monitoreo con objeto de probar tanto los equipos de monitoreo como las metodologías de campo y análisis de laboratorio.
- Colaboración conjunta entre las autoridades del Distrito Federal que tienen a su cargo el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT), para llevar a cabo un muestreo sincronizado con el equipo de monitoreo personal en las estaciones fijas de monitoreo (RAMA).
- Se realizaron reuniones con personal de la RAMA para definir las actividades del monitoreo sincronizado en las estaciones fijas de monitoreo (red manual y automática) y se les envió el protocolo del proyecto para su conocimiento y comentarios.
- Se solicitó a la RAMA información en tiempo real de las concentraciones de ozono, de bióxido de azufre, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico, Partículas Menores a diez micrómetros (PM<sub>10</sub>) y Partículas Menores a dos punto cinco micrómetros (PM<sub>2.5</sub>) de las estaciones Merced y Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa.
- El monitoreo personal inició en la segunda quincena de julio del 2004. Se concluyó la etapa de campo, en la cual se han realizado los siguientes avances:

- Se inició el análisis de los datos registrados por los monitores personales y de las estaciones de la RAMA merced y UAM – Iztapalapa durante la primera campaña piloto de monitoreo.
- Se realizaron reuniones con personal del CENICA, de la RAMA y de la COFEPRIS, con objeto de revisar los avances que se tienen a la fecha de las actividades de monitoreo personal, y del monitoreo ambiental llevado a cabo en las estaciones de la Merced y de la UAM – Iztapalapa.
- Personal de la COFEPRIS, efectuó varias visitas al Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez”, para recibir la capacitación necesaria para la colocación de los electrodos de medición de la frecuencia cardiaca en un segmento de la población a monitorear y en la aplicación de los diarios médicos y de Tiempo Actividad.

### Beneficios.

El avance de esta medida es muy pequeño, sin embargo es importante que se agilicen las acciones para contar con la información de monitoreos realizados por diferentes instituciones, establecer normas de contingencia local e instrumentar acciones que deriven en la reducción de riesgos para la población afectada.

### Recomendaciones.

Es necesario que se aumente el conocimiento científico y de campo asociado con la exposición de la población a fuentes puntuales de emisión de contaminantes e identificar los niveles de compuestos tóxicos a los que están expuestas algunas poblaciones que podrían enfrentar un alto riesgo a su salud.

### Documentos de Referencias.

COFEPRIS. 2009. Informe Avances PROAIRE 2002-2010.

COFEPRIS. 2009. Sistema de vigilancia de indicadores en salud asociados a contaminantes atmosféricos en la ZMVM.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 30 junio del 2008.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 de la calidad del aire ambiente. Diario oficial de la Federación 26 septiembre de 2005.

Riojas Horacio, Urinda Alamo, Texcalac Jose Luis, Romieu Isabelle. (2009). Informe final del Proyecto “Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”. SMA-GDF, INSP.

## 4.6 MEDIDAS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Clave: G5-1-EA1
-----------------

Medida en curso
-----------------

### 1. SUBPROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL FORMAL

#### Objetivo

Promover la participación del sector educativo para difundir las causas de la contaminación atmosférica y asumir su corresponsabilidad en la mejora de la calidad del aire y de vida de la población.

#### Instituciones Involucradas:

SEP, SEMARNAT, SDM-GEMEX, SECBS-GEMEX, SEP-GDF, SMA-GDF, SMA-GEMEX, ANUIES.

#### Actividades realizadas

En la última década, las principales universidades e institutos tecnológicos ubicados en la ZMVM han abierto o actualizado sus planes de estudio relacionados con temas ambientales. La Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, el Instituto Politécnico Nacional, El Colegio de México, la Universidad Autónoma de la Ciudad de México e Instituciones privadas ofrecen licenciaturas, diplomados, maestrías y doctorados en una amplia variedad de temas ambientales. Así mismo, dichas instituciones ofertan anualmente innumerables cursos relacionados con las ciencias ambientales.

En el segundo semestre de 2008 la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), Plantel Valle, impartió con la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal el Diplomado en Medio Ambiente y Gestión Pública en el Distrito Federal, al que asisten 35 funcionarios de la Secretaría del Medio Ambiente y Delegaciones de la Ciudad. A mediados del 2009 se iniciaron los cursos de la segunda generación de funcionarios quienes finalizaron dicho Diplomado a finales del 2009.

En 2008 la UACM impartió el Diplomado Planeación Ambiental para la Sustentabilidad de Grandes Ciudades en Ecatepec, en colaboración con el gobierno del municipio Ecatepec de Morelos en el Estado de México. Este diplomado también fue impartido por la UACM a funcionarios de la SMA-GDF.

Los Centros de Educación Ambiental (CEA) elaboraron actividades educativas específicas para las visitas escolares que agenda SEP (dentro de los centros y en las visitas extramuros a las escuelas a través del programa "EDUCABIT en la escuela"), para cada grado escolar de la educación básica (Pre-escolar a Secundaria) adecuando las actividades a la *currícula* de cada grado. Esta propuesta educativa acordada con SEP entrará en vigor a partir del ciclo escolar 2010

Desde mayo de 2002, se realizan reuniones de trabajo conjunto con la participación de SMA-GDF, SOS, Delegaciones Políticas, SEP y SEMARNAT para fortalecer el desarrollo del Programa Escuela Limpia, uniendo esfuerzos con el Programa Cruzada por un México Limpio, dando como resultado la Cruzada por un México Limpio en tu Escuela. El Objetivo de la cruzada es promover en la comunidad educativa una actitud responsable hacia la naturaleza. En septiembre de 2004, dio inicio el programa de capacitación a 300 promotores. Así mismo, se diseñó una campaña educativa para los medios de comunicación y se ha participado en 420 asambleas de las Unidades Territoriales, llevando a la población la información sobre la ley y la necesidad de la separación de la basura.

Dentro del proyecto de difusión de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, se impartieron cursos, en donde participaron 1 mil 708 personas de las 16 delegaciones, planteles Conalep y CFE. Paralelamente, se fortaleció el proyecto Escuela Limpia en 35 planteles, se han desarrollado acciones en 60 espacios públicos y se ha trabajado con vecinos de 214 comités vecinales y asambleas.

### Beneficios.

Uno de los elementos que garantizan el incremento en la oferta educativa en los CEA es la profesionalización que han tenido los educadores con el diplomado "Educación Ambiental para la Sustentabilidad" impartido por la UACM.

La educación ambiental formal permite que las personas concienticen la complejidad no solo científica si no social de alcanzar los beneficios de un medio ambiente saludable, adquirir dichos conocimientos hace factible realizar proyectos técnicamente más instrumentados y de mayor alcance, logrando al implementarlos una mejor calidad de vida en la población.

### Recomendaciones.

Promover el diálogo entre las instituciones educativas superiores de la ZMVM para diseñar un programa dirigido a incluir de manera obligatoria asignaturas relacionadas con la educación ambiental, en los diferentes grados de la educación formal (primaria, secundaria y profesional), tanto en los colegios públicos como particulares.

Continuar la profesionalización de funcionarios en temas de medio ambiente.

Clave: G5-2-EA2

Medida en curso

## 2. SUBPROGRAMA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL NO-FORMAL.

### Objetivo

Desarrollar actividades de educación ambiental no-formal con y para la población de la ZMVM, con objeto de que se sensibilicen y cambien actitudes para favorecer una cultura ambiental que mejore la calidad del aire.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, SMA-GEMEX, SDM-GEMEX, SMA-GDF, Consejos Municipales de Protección al Ambiente, Directores de ecología delegacionales y municipales, museos y espacios de educación ambiental y ONG.

### Actividades realizadas

Se han fortalecido los tres Centros de Educación Ambiental (CEA) Acuexcomatl, Ecoguardas y Yautlica y sistematizado las actividades y materiales de educación ambiental con la elaboración de cartas descriptivas y fichas técnicas. Con más de 300 cursos y numerosas acciones de educación, cultura y vinculación con la población del D.F. se han convertido en espacios estratégicos de educación ambiental. En los últimos tres años se han impartido cursos a más de 73 000 personas. La SMA-GDF invirtió más de \$4 000 000.00 para el mantenimiento y remodelación de las instalaciones didácticas sustentables de los CEA.

Anualmente los CEA en coordinación con la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) realizan jornadas anuales de reforestación con jóvenes de PREPA SI y otras dependencias.

Se realizó el Segundo Encuentro Metropolitano de Educación Ambiental en la Universidad Autónoma del Estado de México en la Ciudad de Toluca en Noviembre del 2003.

Como parte del subprograma de difusión educativa ambiental, durante el 2003, con recursos del Fideicomiso Ambiental del Valle de México 1490, se realizó una campaña de comunicación educativa en radio, TV, sobre agua y aire; se elaboraron los materiales de difusión, se realizaron estudios de percepción de la ciudadanía sobre disminución de contaminación en aire y agua. Los resultados de la misma fueron presentados en el libro sobre Comunicación Educativa.

En el marco del subprograma de información, formación y capacitación ambiental, el Gobierno del Estado de México firmó un convenio con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para la creación de un centro de capacitación ambiental que fortalecerá los trabajos en materia en materia ambiental.

En relación con el Programa de Simplificación en Materia de Impacto Ambiental, tema "Capacitación y actualización permanente de los servidores públicos", en la Dirección General de Regulación Ambiental se han impartido cinco cursos Internos impartidos en la Dirección de Evaluación de Impacto Ambiental (DEIA) 2007-2008.

El Programa de Educación Itinerante-EDUCABIT con apoyo del Fondo Ambiental Público, ha sido reconocido por diversas instituciones como un importante promotor de la educación ambiental. Este programa que tiene el objetivo de fortalecer el desarrollo de una cultura ambiental y promueve la corresponsabilidad ciudadana ha ofrecido actividades y talleres de información y sensibilización de problemas ambientales, así como capacitación en la implementación de programas ambientales. Así

mismo está presente en la asistencia a eventos relacionados con el medio ambiente como Expo INCYTAM, la Hora del Planeta, Museo de Huellas de la Vida, ciclotrones, *bici-rallys* temáticos y la difusión que se realiza en el metro. Este programa opera en forma permanente en el Bosque de Chapultepec y en forma itinerante en plazas, jardines, parques, escuelas públicas, etc. del D.F. En el último año hubo una participación de aproximadamente 485,000 personas.

En el marco del "Foro: 2008, Año Internacional del Planeta Tierra", organizado por la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad Ajusco, se impartió la conferencia: "La Educación Ambiental del Gobierno del Distrito Federal" dirigida a estudiantes y profesores.

A partir del 2009, el CEA Ecoguardas imparte un promedio de 5 visitas guiadas mensuales sobre "Impacto Ambiental y Bosque de Quercus" e "Incendios Forestales". El CEA Acuexcómatl realiza 3 Visitas guiadas sobre "Áreas verdes", además de realizar monitoreos semanales de aves y mariposas en conjunto con el CEA Yautlica.

### Beneficios.

La reducción de contaminantes en la atmosfera es un compromiso que involucra a toda la sociedad, por lo que contar con una población informada permite coordinar los esfuerzos de las autoridades con la población.

### Recomendaciones.

Establecer programas de información y capacitación permanentes, tanto en medios masivos de comunicación, como en medios de difusión escrita y electrónica.

Clave: G5-3-EA3

Medida en curso

### 3. SUBPROGRAMA DE INFORMACIÓN, FORMACIÓN Y CAPACITACION AMBIENTAL.

#### Objetivo

Promover el acceso a la información sobre los aspectos relacionados con la gestión del aire entre los diferentes sectores de la sociedad y establecer los lineamientos generales para la capacitación obligatoria del personal de industrias, empresas, verificentros y autoridades en un programa que les permita asumir como propios los objetivos del PROAIRE 2002-2010.

#### Instituciones Involucradas:

SEMARNAT, SDM-GEMEX, SMA-GEMEX, SMA-GDF, instituciones académicas y gubernamentales, organizaciones sociales y consultorías.

#### Actividades realizadas

Mensualmente, se difunde y distribuye el Informe Ejecutivo de la Calidad del Aire de la ZMVM, vía correo electrónico, a 64 tomadores de decisiones en diferentes instituciones (INE, SEEDOMEX, IIE, ANIQ, FEMISCA, CONIECO, SSA, CAM, SEMARNAT, IMP, UNAM, ININ, PROFEPA y SMA, entre otros), con el propósito de informarlos sobre el estado que guarda la calidad del aire en la Ciudad de México y su zona metropolitana. Uno de los primeros proyectos del Centro de Información de la Calidad del Aire del SIMAT, fue el rediseño de su sitio web, el cual fue lanzado durante enero de 2009 con una nueva imagen y notables mejoras en la comunicación de la información, con contenidos revisados y actualizados y una interfase amigable para todo tipo de usuarios.

Uno de los subprogramas incluidos en el Programa Rector Metropolitano de Educación Ambiental (PREMIA), es el de "Comunicación y Difusión Educativa Ambiental", el cual se encarga de instrumentar campañas de comunicación educativa para incidir en los hábitos de audiencia y percepción social de los riesgos ambientales.

Se han integrado los temas del Plan Verde en los más de 300 cursos y talleres impartidos y dirigidos a todo público (actualmente se incluyen a jóvenes y adultos de todos los niveles educativos).

Dentro de los programas de capacitación se tienen:

- Capacitación en temas ambientales a multiplicadores de la SMA-GDF que están en contacto con el público: Se han impartido 16 cursos a más de 400 educadores y multiplicadores de la SMA, con el objetivo de difundir la importancia de la problemática ambiental que vive la ciudad de México así como las posibles soluciones.
- Capacitación y asesoría a empresas sobre temas ambientales: se han realizado quince cursos de capacitación y diferentes asesorías ambientales a Grupo Modelo, Bimbo, Wonder, Inter Protección de Seguros, entre otros sobre consumo responsable, cambio climático, preservación de áreas naturales, y reforestación
- Capacitación a instituciones o funcionarios gubernamentales: Hasta la fecha, se han impartido 25 cursos de capacitación a más de 500 funcionarios gubernamentales de diferentes instituciones como la CDH, del Distrito Federal, INEGI, y delegaciones políticas.

Hasta el momento, se ha logrado divulgar diversos temas ambientales en más de 80 espacios (radio, televisión, prensa, y cine) y se han realizado 42 diseños gráficos que complementan nuestra actividad educativa.

En el 2007 se impartió una conferencia sobre Cambio climático a la empresa: Interprotección de seguros y fianzas. En el marco del Decenio de la Educación para el Desarrollo Sustentable, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU) y la SMA-D.F., a través de la Dirección de Educación Ambiental (DEA) organizaron el XI Encuentro Nacional de Centros de Educación y Cultura Ambiental en noviembre del 2008, con sede en los Centros de Educación Ambiental de la SMA. El objetivo de dicho encuentro fue fortalecer a los centros como espacios estratégicos para el logro de la sustentabilidad y el intercambio de experiencias entre los educadores ambientales de todo el país; en el marco de este evento se analizó el modelo de evaluación y acreditación de los centros, estrategias didácticas para la educación ambiental y los criterios para la profesionalización de los educadores ambientales. Participaron 388 educadores ambientales de toda la república, con el encuentro, pretendiendo fortalecer la autogestión y participación de los diferentes sectores de la sociedad en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y de las condiciones ambientales de nuestro país. Durante este evento se ofrecieron diversos talleres.

Se realizó el primer taller internacional para el desarrollo del Modelo de Capacitación Ambiental a Funcionarios Locales, con el apoyo de la Unión Europea y con la participación de funcionarios de Alemania, Portugal, Colombia, Chile y México.

Se realizó el 2° taller internacional para el desarrollo del Modelo de Capacitación Ambiental, en el que se pretende incidir en la gestión diaria de los funcionarios locales. Así mismo, se inició el Programa de Formación de Comisiones de Medio Ambiente Comunitario, en el que se han conformado 50 comisiones ciudadanas que impulsarán los proyectos ambientales de mayor prioridad para la ciudad, iniciando con los de separación de residuos y mejoramiento de áreas verdes.

Se firmó un convenio de colaboración con la Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal en el mes de junio de 2008,

#### Beneficios.

La capacitación ambiental en diferentes sectores de la sociedad ha permitido establecer programas coordinados de abatimiento de la contaminación, y al mismo tiempo lograr establecer metas comunes de calidad de aire.

#### Recomendaciones.

Establecer programas de información y capacitación permanentes que muestren los aspectos técnicos, pero también involucren a la sociedad en la solución de los problemas de contaminación.

Clave: G5-4-EA4

Medida en curso

## 4. SUBPROGRAMA DE COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN EDUCATIVA AMBIENTAL.

### Objetivo

Promover una cultura ambiental y de corresponsabilidad para fomentar el desarrollo sustentable y el mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM, a través de una estrategia de comunicación educativa que propicie un cambio de valores, actitudes y hábitos de los ciudadanos con relación al medio ambiente.

### Instituciones Involucradas

SEMARNAT, PROFECO, CONAE, FIDE, CLFC, SDM-GEM, SMA-GEMEX, SMA-GDF, ICYT-DF y Medios de comunicación.

### Actividades realizadas

Durante el año 2002 se realizaron los estudios sobre percepción de los problemas ambientales que permitieron conocer la dimensión de estos problemas en distintos sectores de la población y a partir de esta información se elaboraron los mensajes de la campaña de comunicación educativa.

Campaña permanente de difusión de los CEA en todos los eventos realizados, que incluye una exhibición itinerante en las estaciones del sistema colectivo metro, además de volantes y mantas informativas.

En 2006 se produjeron los materiales para el "Registro de emisiones y transferencia de contaminantes 2006 y eventos del "Día mundial del medio ambiente", "Bici-rally por la movilidad, cambio climático y energía", y materiales para difundir los Centros de Educación Ambiental en el STM, se realizaron exhibiciones sobre Cambio Climático y Energía, la importancia de la educación ambiental y el valor patrimonial del sistema chinampero en varias estaciones del Sistema Colectivo Metro.

En marzo del 2007, se diseñó la imagen del Programa de corredores de movilidad no motorizada. La aplicación de la imagen se realizó a una postal con un tiraje de 4 000 en la que se daba a conocer los 50 módulos de bici estacionamientos, 43 de ellos instalados en el Bosque de Chapultepec y un banner colocado en la página principal de la SMA. En el mismo año, con el fin de promover y difundir la ciclovía y el transporte sustentable, a través del uso de la bicicleta se realizaron 4 eventos mensuales de "Muévete en bici" y un Ciclotón en las delegaciones Coyoacán, Cuauhtémoc, Iztacalco y Tlalpan.

Se realizó el diseño de carteles sobre consumo sustentable navideño, colocados en todo el Distrito Federal. Como parte también, de la estrategia de acción local climática en julio del 2007, se diseñó, produjo y gestionaron las campañas: "Reverdecer", "Cambio climático" y "Calentamiento global" con el objetivo de concientizar a la población sobre el cuidado del suelo de conservación y la implementación de áreas verdes al reconocer los beneficios que aportan las áreas verdes para estabilizar el clima, así como contribuir a mitigar los efectos del cambio climático.

La campaña con el tema de calentamiento global, se dirigió al público en general, imprimiéndose un tríptico con un tiraje de 3000 ejemplares, una postal con 4 000 impresos y 300 carteles exhibidos en mobiliario urbano de la ciudad como columnas y puestos de periódico y flores, financiada por la empresa EQUAL y con alianzas de empresas como ESCAPARATE, IMU y ECOTEAM. Los gráficos se difundieron durante la visita que realizó Al Gore a nuestro país, con motivo de la conferencia magistral efectuada en la Ciudad de México en agosto de ese mismo año.

En el 2007, con el fin de promover y difundir la ciclovía y el transporte sustentable, a través del uso de la bicicleta se realizaron 4 eventos mensuales de "Muévete en bici" y un Ciclotón en las delegaciones Coyoacán, Cuauhtémoc, Iztacalco y Tlalpan

La DEA participó en la elaboración del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México 2008-2012, considerando la inclusión de acciones educativas para que la sociedad identifique las prácticas de la vida cotidiana que contribuyen a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y los cambios que pueden emprenderse para reducir la vulnerabilidad e incrementar la capacidad de adaptación.

La DEA ha participado en la revisión y elaboración de materiales junto con la Dirección de Cambio Climático y Emilia de la Sierra (ECAMBIENTAL A.C.), para el estudio "Comunicación y Educación Ambiental para la Acción Ciudadana ante el Cambio Climático".

Durante el 2008 y hasta el 31 de mayo del 2009 se diseñó, elaboró, investigó y condujo del programa de radio C-verde. Emisión de un programa semanal con una duración de 25 minutos cada uno, con el objetivo de aprovechar este espacio dentro de la programación de Código DF, Radio Cultural en Línea (barra de programación del Gobierno del Distrito Federal para hablar de los temas ambientales).

Como parte de las actividades de difusión del programa "Hoy no circula sabatino" se entregó información (volante) a los automovilistas en diferentes puntos de la ciudad.

El Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, impulsó, en conjunto con el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, la creación del Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México. Este Centro es una plataforma en la que se concentran los esfuerzos científicos y tecnológicos gubernamentales e institucionales para el diseño de políticas públicas para la adaptación y mitigación del cambio climático en la Ciudad de México. Se ha diseñado una página web (<http://132.248.8.222/cvcccm/>), en la cual se encuentra la información correspondiente a los proyectos, programas y actividades de este Centro, así como de los materiales presentados por diversos investigadores en los tres talleres realizados.

El ICyTDF elaboró una exposición sobre el cambio climático y confeccionó una serie de láminas para difundir y hacer conciencia sobre los efectos del mismo. La exposición se ha presentado en ferias delegacionales, escuelas, parques ecológicos y foros académicos y ambientales. El costo de este proyecto fue de \$30 000.00.

El ICyTDF organizó el Foro Universitario Cambio climático y sociedad, con el fin de concientizar a la población estudiantil y a la sociedad en general sobre los efectos del cambio climático, presentar propuestas de acciones accesibles para su mitigación y, sobre todo, para señalar la necesidad de que se potencien las capacidades científicas y tecnológicas que estudien el problema y propongan soluciones al mismo. En este foro se presentaron conferencias, talleres, exposiciones comerciales y se donaron 300 árboles. Asistieron alrededor de 250 personas. El apoyo a este evento fue de \$4 000.

El ICyTDF convocó a consultores ambientales, empresarios, funcionarios públicos, estudiantes y académicos del área ambiental al Curso-taller Gestión de proyectos tipo mecanismos de desarrollo limpio. En él, se brindaron los elementos y herramientas conceptuales, prácticas y metodológicas para la formulación y gestión de proyectos tipo "Mecanismos de Desarrollo Limpio" y se presentaron algunos casos de éxito. Se logró conjuntar a 152 asistentes del sector académico, empresarial, consultores ambientales y funcionarios públicos y el costo de realización de este curso fue de \$27 000.00.

En noviembre del 2008 se realizó la Expo INCYTAM 2008: Innovaciones Científicas y Tecnológicas Ambientales para las grandes urbes de América Latina, organizado por el ICyTDF y la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. En este evento se presentaron alternativas de solución para los problemas ambientales que aquejan a la Ciudad de México y otras urbes de Latinoamérica. El costo de este megaproyecto fue de \$4 000 000.00. Asistieron alrededor de 2 000 personas.

### Beneficios.

Las actividades de educación ambiental realizadas a lo largo del período del PROAIRE 2002-2010 tanto a nivel formal, como informal, para estudiantes, la sociedad o funcionarios han provocado que los habitantes de la ZMVM tengan una mayor conciencia de su medio ambiente, de las acciones que lo deterioran y de los riesgos que representa dicho deterioro. De esta manera a fines de esta década, se tiene una población más informada que seguramente tendrá un mayor deseo e incluso necesidad de participar en acciones ciudadanas que mejoren el ambiente en el que habitan.

### Recomendaciones.

Es necesario establecer convenios con los medios de comunicación masivos e involucrar a los medios escritos, cine, radio, electrónicos etc., para lograr realizar campañas de alto impacto ambiental y social.

## 4.7 MEDIDAS DE FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Clave: G1-13-FI1
------------------

Medida terminada
------------------

### 1. ELABORAR LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS, UBICADOS EN LA ZMVM.

Grupo de Trabajo 1: Industria y Servicios

#### Objetivo.

Caracterizar y elaborar el diagnóstico ambiental de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios que son aportadores de emisiones a la atmósfera, que se encuentran ubicados en la ZMVM.

#### Instituciones Involucradas.

SMA-GDF, SMA-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

A finales del año 2003 el grupo de industria y servicios definió que cada entidad integraría un diagnóstico sobre establecimientos correspondientes a su jurisdicción, al respecto la SMA-GDF elaboró en el 2004 el primer documento de diagnóstico y fue publicado en el 2005, en este documento se resume que en el Distrito Federal existen 339 000 establecimientos industriales, 31 000 son industrias manufactureras, 180 000 comercios y 128 establecimientos de servicios. En el Distrito Federal se terminó en 2009 un nuevo documento de diagnóstico de establecimientos industriales actualizado que aun no ha sido publicado.

Por lo que respecta al Estado de México, no se ha publicado ningún diagnóstico, sin embargo se está trabajando en la depuración de los datos industriales teniéndose un registro actual de 168 659 establecimientos industriales, de los cuáles 34 200 corresponden a la industria manufacturera.

#### Beneficios.

El contar con un registro actualizado de las actividades industriales permitirá establecer con precisión cuantitativa el comportamiento de las emisiones contaminantes a la atmósfera y realizar las estimaciones de los inventarios de emisión con menor incertidumbre, y por consiguiente tomar decisiones gubernamentales más precisas dependiendo del sector.

#### Recomendaciones.

Realizar la actualización del registro y diagnóstico de establecimientos industriales en el Distrito Federal y en el Estado de México, finalizar el registro y publicarlo para que ambas entidades cuenten con la información completa de los establecimientos ubicados en la ZMVM.

Clave: G1-14-FI2
Medida detenida

## 2. INTEGRACIÓN DE UN COMITÉ METROPOLITANO DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

Grupo de Trabajo 1: Industria y Servicios

### Objetivo.

Evaluar e integrar todos los proyectos de tecnologías de control de emisiones a la atmósfera ingresados a las dependencias gubernamentales en materia ambiental, bajo un procedimiento homologado a través del Comité Metropolitano de Evaluación y Seguimiento de nuevas tecnologías.

### Instituciones Involucradas.

CAM, SE, SETRAVI, IMP, instituciones académicas y de investigación.

### Actividades realizadas.

Esta medida está detenida ya que no se logró integrar el Comité Metropolitano de Evaluación y así dar seguimiento a las nuevas tecnologías. Sin embargo, se han presentado algunas tecnologías de control de contaminación de origen independiente o personal, de los cuales al probarse ninguno ha sido económicamente viable y/o son técnicamente deficientes y no alcanzan el control requerido.

### Beneficios.

El ofrecer tecnología mexicana para el control de contaminantes, económicas y efectivas a las industrias o establecimientos de servicios con problemas de emisiones, tendría un impacto importante en la reducción de las mismas.

### Recomendaciones.

Promover la incorporación de las instituciones de investigación para la resolución de problemas ambientales a la industria y los servicios a través de programas de investigación sectoriales.

Clave: G8-6-FI3

Medida en curso

### 3. ELABORAR LOS REGLAMENTOS DE LA LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL EN MATERIA DE FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES.

Grupo de Trabajo 8: Normatividad

#### Objetivo.

Contar con los reglamentos que permitan la aplicación de la ley ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles.

#### Instituciones Involucradas.

SMA-GDF, SETRAVI.

#### Actividades realizadas.

La SMA-GDF, propuso el anteproyecto de reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, el cual se encuentra en la dirección jurídica para su revisión y publicación.

#### Beneficios.

El contar con los reglamentos de la ley ambiental permitirá disminuir las emisiones de contaminantes tanto de fuentes fijas como móviles, obteniendo en consecuencia una mejor calidad ambiental atmosférica.

#### Recomendaciones.

Acelerar la revisión el reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal para dar cumplimiento a la misma en el Distrito Federal.

Clave: G11-1-FI4

Medida en curso

## 4. ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES.

### Grupo de Trabajo 11: Investigación

#### Objetivo.

Contar con una herramienta dinámica que permita evaluar el impacto de las acciones incluidas en este programa.

#### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GEMEX, SMA-GDF.

#### Actividades realizadas.

Se elaboró y publicó el inventario de emisiones del año 2002. Para el 2004 se actualizó y publicó el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y se publicó también el Inventario para Contaminantes Tóxicos de la ZMVM.

En el mes de noviembre de 2008 se publicaron tres inventarios de emisiones correspondientes al año 2006: Inventario de Contaminantes Criterio, Inventario de Contaminantes Tóxicos e Inventario de Gases de Efecto Invernadero para la ZMVM.

Por lo respecta a los inventarios de emisiones del 2008 de contaminantes criterio, tóxicos y de efecto invernadero se encuentran actualmente en revisión para ser publicados.

#### Beneficios.

La actualización del inventario ha permitido reorientar las líneas de acción y en la medida que se disminuye la incertidumbre pueden evaluarse con mayor precisión la eficiencia de las medidas.

#### Recomendaciones.

Los futuros inventarios deberán contemplar una mayor especificación local, y una mayor cantidad de sustancias contaminantes (al menos todas las del RETC), para lo cual deberá establecerse una mejor comunicación entre las entidades del Medio Ambiente del Distrito Federal y del Estado de México.

Es necesario ampliar el número de contaminantes en los inventarios para poder alimentar los modelos de calidad del aire de la ZMVM y obtener estimaciones más cercanas a la realidad.

Clave: G9-1-FI5

Medida en curso

## 5. REACTIVACIÓN DEL FIDEICOMISO AMBIENTAL DEL VALLE DE MÉXICO.

### Grupo de Trabajo 9: Financiamiento

#### Objetivo.

Reactivación de la operación del fideicomiso ambiental del Valle de México (FIDAM) para obtener recursos que permitan su capitalización y con ello apoyar proyectos y programas para prevenir y reducir la contaminación del aire en la ZMVM.

#### Instituciones Involucradas.

CAM, SHCP, BANOBRAS, PEMEX.

#### Actividades realizadas.

El Fideicomiso Ambiental, creado en 1995, es un instrumento a través del cual las autoridades ambientales de la ZMVM pueden captar y canalizar recursos adicionales para apoyar el financiamiento de programas, proyectos y acciones encaminados a la prevención y el control de la contaminación ambiental en la ZMVM. El patrimonio de este fideicomiso se constituyó con la aportación de un millón de pesos del Gobierno Federal y con un sobreprecio de dos centavos agregado a cada litro de las gasolinas expendidas en la Zona Metropolitana del Valle de México. Este sobreprecio ha sido su principal fuente de recursos. El objetivo que se persiguió con esta medida, fue solicitar a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, continuar proporcionando a la Comisión Ambiental Metropolitana los recursos económicos que se siguen obteniendo del sobreprecio de la gasolina que se vende en la ZMVM.

Durante el 2004 se realizaron una serie de talleres donde se seleccionaron 47 de las 89 medidas del PROAIRE que por su complejidad instrumental, social y financiera, requerían asistencia técnica especializada. En estos talleres participaron las instituciones responsables de cada Grupo de Trabajo del PROAIRE en los cuales se ponderó la importancia de las 47 medidas seleccionadas. El resultado indiscutible fue que la medida de Reactivación del FIDAM era la más importante de realizar.

Para lograr esta meta se realizó una reunión de los miembros de la CAM con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público sin la obtención de resultado alguno.

#### Beneficios.

El Fideicomiso Ambiental permitió en su momento desarrollar muchísimas acciones para impulsar el desarrollo de estudios que han permitido obtener mayores bases científicas para proponer acciones más rentables en los PROAIRES, sin embargo los fondos dejaron de recibirse en el año 2000 .

Al no tener respuestas positivas de parte de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público, es consecuencia directa la imposibilidad de desarrollar una gran cantidad de proyectos ambientales en la ZMVM.

#### Recomendaciones.

Solicitar nuevamente a la Secretaria de Hacienda y Crédito Público la reactivación del FIDAM, con base en los estudios e información con que se cuenta tanto de datos de calidad de aire como de los costos asociados a la salud y enfatizar la importancia de desarrollar nuevos proyectos ambientales para disminuir la exposición de la población a la contaminación atmosférica de la ZMVM.

Clave: G11-2-FI6

Medida en curso

## 6. MODERNIZACIÓN DE LA RED AUTOMÁTICA DE MONITOREO.

### Grupo de Trabajo 11: Investigación

#### Objetivo.

Revisar las estaciones actuales de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) con el propósito de reubicar y modernizarlas para una mejor operación y adquisición de datos.

#### Instituciones Involucradas.

CAM, SMA-GDF y SMA-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

Se realizó un estudio para identificar los sitios en los que es más conveniente ubicar las estaciones para el monitoreo de  $PM_{2.5}$  que iniciaron sus operaciones en julio del año 2003. Las estaciones seleccionadas se ubican en 5 Delegaciones del Distrito Federal y en 3 municipios conurbados del Estado de México.

En julio de 2007 se instalaron tres nuevas estaciones de monitoreo en Iztacalco (IZT), Acolman (ACO) y Chalco (CHO), ubicadas en los límites de la zona urbana. La Red de Monitoreo de la ZMVM, en su configuración actual está integrada por cuatro subsistemas: la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), la Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA), la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET) y la Red de Depósito Atmosférico (REDDA).

En 2008 se incorporó al SIMAT el Centro de Información de la Calidad del Aire (CICA), el cual reemplazó al Centro de Control que operaba desde 1986. Este nuevo centro tiene la responsabilidad de recibir, validar, analizar y difundir los productos asociados con el monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de México.

En el 2008 se recibieron recursos económicos del Fondo Ambiental Público para mantenimiento y modernización de las estaciones de Monitoreo. A fines de 2009 el SIMAT opera un total de 48 estaciones de monitoreo distribuidas en la zona urbana y el suelo de conservación. La representatividad espacial del SIMAT comprende las 16 delegaciones del Distrito Federal y 10 municipios del Estado de México, brindando servicio a más de 16 millones de habitantes de ambas entidades federativas. En el 2009 se obtuvieron recursos del Fideicomiso Ambiental 1490 para adquirir los equipos de monitoreo de compuestos orgánicos volátiles y comenzar a medirlos a principios del 2010.

#### Beneficios.

El Sistema de Monitoreo Ambiental de la ZMVM tiene una de las funciones más importantes dentro de cualquier programa de calidad del aire, ya que con base a sus mediciones se evalúa la eficiencia de las medidas aplicadas.

La modernización continua y el mantenimiento de la red significan información precisa para que la población tenga conocimiento de los riesgos que por contaminación ambiental existen en cada zona a cualquier hora del día.

#### Recomendaciones.

Realizar mantenimiento constante y ampliar las capacidades de la red en cuanto a la medición de otros contaminantes. Ampliar la red de monitoreo a los municipios conurbados incorporados en el 2006.

Clave: G1-15-FI7

Medida en curso

## 7. FORTALECIMIENTO DEL REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES EN LA ZMVM.

### Grupo de Trabajo 1: Industria y Servicios

#### Objetivo.

Contar con las herramientas necesarias que conforman el sistema del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, así como su homologación de acuerdo a los lineamientos establecidos por la Federación.

#### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SMA-GDF, SMA-GEMEX.

#### Actividades realizadas.

Con recursos del FIDAM se estableció el Proyecto "Desarrollo e Implementación del RETC en la ZMVM adquiriéndose equipo de cómputo para la SMA-GDF, SE-GEMEX y SEMARNAT.

El 10 de febrero del 2004, se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversos artículos de la Ley Ambiental del Distrito Federal en el cual se establece el RETC como obligatorio.

El 31 de marzo del 2005, se actualizó y publicó el Acuerdo por el que se determina el listado de sustancias sujetas a reporte de competencia Federal para el RETC.

El 26 de Junio de 2007 se reunieron en México los ministros de Medio Ambiente de México, Estados Unidos y Canadá con el propósito de establecer mecanismos de cooperación que impacten de manera positiva al medio ambiente de la región. Entre los principales temas que fueron abordados se encontraron: agilizar el acceso a la información comparativa entre los Registros de Emisiones y Transferencias de Contaminantes de los tres países, así como diseñar acciones de cooperación en materia de gestión de la calidad del aire.

Se terminó en 2008 el programa de captura de la COA en el Distrito Federal contratado con recursos del FIDAM. En marzo de 2009, la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal presentó el primer Informe del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes del Distrito Federal, de esta manera el Distrito Federal es una de las dos primeras ciudades del país que publican datos para el año 2006. El sistema de Explotación y Acceso a la información del RETC es pública para los usuarios de Internet, a través de la página de la SEMARNAT. Respecto al desarrollo del Sistema de Información compatible para el RETC, la SEGEM licitó el sistema para el Estado de México el cual se encuentra totalmente en línea y se ingresa a él mediante una contraseña previamente solicitada.

#### Beneficios.

El contar con bases de datos completas y validadas fortalece la toma de decisiones de las autoridades. Se ha cumplido el compromiso en la ZMVM de contar con el RETC.

#### Recomendaciones.

Actualizar periódicamente y hacer pública la información del RETC.

Clave: G11-3-FI8

Medida en curso

## 8. INVESTIGACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO 2002-2010.

### Grupo de Trabajo 11: Investigación

#### Objetivo.

Contribuir al entendimiento de los procesos que determinan los niveles de contaminación atmosférica de la Zona Metropolitana del Valle de México.

#### Instituciones Involucradas.

SEMARNAT, SSA, SMA-DF, SMA-EM, MIT, CAM, Instituciones Nacionales de Investigación.

#### Actividades realizadas.

Como se mencionó anteriormente el Fideicomiso Ambiental del Valle de México (FIDAM) permitió realizar una gran cantidad de proyectos de equipamiento y de investigación en materia de calidad del aire. Los proyectos financiados durante la duración del PROAIRE 2002-2010 por el FIDAM se presentan a continuación:

Cuadro 4.56. Proyectos apoyados por el FIDAM

No.	Proyecto	AÑO	Situación actual
1.	Proyecto para el saneamiento de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales	2002	Concluido
2.	Tres estudios de ordenamiento ecológico	2002	Concluido
3.	Proyecto de desarrollo e implementación del registro de emisiones y transferencias de contaminantes en la ZMVM	2002	Concluido
4.	Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire. Valle de México 2001-2010. I Etapa (INE-MOLINA)	2002	Concluido
5.	Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. II Etapa-Desarrollo de información Científica y Sistematización de Metodologías de Evaluación Integrada de Políticas y Opciones para el Mejoramiento de la Calidad del Aire (INE-MOLINA)	2002	Concluido
6.	Proyecto para la Protección de los Recursos Naturales del D.F. a través de una Vigilancia Eficiente	2002	Concluido
7.	Restauración Ecológica en Cuatro Unidades de Escurrimiento en el Área de Montaña de la Delegación Xochimilco	2002	Concluido
	<b>Subtotal</b>	<b>\$85,636,078.00</b>	
8.	Programa de Recuperación y Conservación del Bosque de Chapultepec	2003	Concluido
9.	Red de Museos y Centros de Educación Ambiental para la ZMVM	2003	Concluido
10.	Diseño, Adquisición e Instalación de una Red de Monitoreo para las Partículas Menores a 2.5 Micras (PM2.5) en la ZMVM	2003	Concluido
11.	Estrategia de Comunicación y Difusión de Educación Ambiental para la ZMVM	2003	Concluido
12.	Manejo Ambiental de los Residuos Provenientes de Desazolve del Sistema de Drenaje del Distrito Federal y de las Presas, así como de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales	2003	Concluido

13.	Recuperación de Suelos Subcuenca del Río La Compañía	2003	Concluido
	<b>Subtotal</b>	<b>\$98,145,890.00</b>	
14.	Programa de Manejo Integral del Suelo	2004	Concluido
15.	Sistema de Información de Verificación Vehicular "SIVEV"	2004	Concluido
16.	Sistema de Información de Verificación Vehicular	2004	Concluido
17.	Ampliación de las Capacidades Técnicas de Inspección de la Sría de Ecología en el Programa de Verificación Vehicular	2004	Concluido
18.	Edición de 5000 ejemplares del PROAIRE 2002-2010	2004	Concluido
19.	Prog. de Vigilancia, Evaluación y Comunicación del Impacto de la Contamin. Atmosférica en la Salud de la Población (COFEPRIS)	2004	Concluido
20.	Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México	2004	Concluido
21.	Control Biológico de la Plaga que afecta al Eucalipto SPP en áreas verdes urbanas del D.F.	2004	Concluido
22.	Sist. de Información de Condiciones de Tránsito para la Estimación de Emisiones Contaminantes por Fuentes Móviles	2004	Concluido
23.	Proyecto para el Diseño de Alternativas de financiamiento e instrumentación Integral de 47 Medidas del PROAIRE III	2004	Concluido
24.	Ordenamiento Ecológico de la Región del Volcán de Popocatepetl y su Zona de Influencia II Fase	2004	Concluido
25.	Desarrollo, Reforestación y Rehabilitación de 48 Áreas Verdes Urbanas en Municipios de la ZMVM	2004	Concluido
	<b>Subtotal</b>	<b>\$61,595,051.00</b>	
26.	Construcción de 49 presas de infiltración; gavión y mampostería en 2 áreas naturales protegidas en la ZMVM	2005	Concluido
27.	Sustentabilidad de la Sierra Nevada: Cto Incalli Ixchaucopa	2005	Concluido
28.	Creación y Rehabilitación de 45 áreas verdes urbanas en 15 municipios conurbados	2005	Concluido
29.	Prog. de reconversión productiva en el suelo de conservación del Distrito Federal con estímulos económicos 2005-2008	2005	Concluido
30.	Caracterización de los contaminantes atmosféricos de la ZMVM durante la Campaña MCMA-2006 (INE-MOLINA)	2005	Concluido
31.	Elaboración de políticas y estrategias para la comunicación orientadas al mejoramiento de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (INE-MOLINA)	2005	Concluido
	<b>Subtotal</b>	<b>\$33,208,455.00</b>	
32.	Sist. de producción de planta forestal para la reforestación de Áreas Naturales Protegidas y rurales de la ZMVM	2006	Concluido
33.	Formación de cuerpos de agua en el Parque Estatal Cerro Gordo	2006	Concluido
34.	Construcción de cortina de árboles y un sistema de riego en los límites del Municipio de Ecatepec y Zona Federal	2006	Concluido
35.	Recuperación y fijación de suelo en subcuenca del río Papalotla	2006	Concluido
36.	Construcción de sistema de riego por goteo en la zona del "E l Caracol"	2006	Concluido
37.	Integración y Fortalecimiento de la Publicación de la Información del RETC en la ZMVM (SEMARNAT)	2006	Concluido
	<b>Subtotal</b>	<b>\$38,001,424.00</b>	
38.	Primera fase para el saneamiento del predio denominado Cromatos de México, municipio de Tultitlán, Estado de México.	2007	Concluido
	<b>Subtotal</b>	<b>\$11,000.00</b>	
39.	Diseño e Instalación de una red de monitoreo para evaluar distribución, composición y fuentes de HC tóxicos y reactivos en la ZMVM	2008	En proceso
40.	Humedal Artificial para el Control de la Contaminación del Lago del Bosque de San Juan de Aragón	2008	En proceso

41.	Plan Rector de las Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal	20 08	<i>En proceso</i>
42.	Programa de Fortalecimiento de Capacidades Técnicas para la Prevención y Combate de Incendios Forestales en Áreas Naturales Protegidas de la Zona Metropolitana del Valle de México	2008	<i>Concluido</i>
43.	Sistema Telemático de Monitoreo Ambiental del Valle de México	20 08	<i>En proceso</i>
44.	Recuperación y fijación de suelo en la subcuenca del río San Juan Teotihuacán.	2008	<i>En proceso</i>
	<b>Subtotal</b>	<b>\$37,432,875.00</b>	
45.	Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020	2009	<i>En proceso</i>
46.	Evaluación Integral de los Programas de Verificación Vehicular Obligatoria de la Zona Metropolitana del Valle de México	2009	<i>En proceso</i>
47.	Diagnóstico y Diseño de la Estrategia del Distrito Federal para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad	2009	<i>En proceso</i>
48.	Integración del sistema de gestión para las áreas verdes del Distrito Federal mediante un sistema de información geográfica	2009	<i>En proceso</i>
49.	Valoración de los Servicios Ecosistémicos en el Suelo de Conservación del Distrito Federal	2009	<i>En proceso</i>
50.	Elaboración del primer mapa de ruido y conformación de la red piloto de monitoreo de ruido para la ZMVM	2009	<i>En proceso</i>
	<b>Subtotal</b>	<b>\$16,030,623.00</b>	
	<b>GRAN TOTAL</b>	<b>\$370,050,396.00</b>	

Otros estudios realizados principalmente por el Instituto Nacional de Ecología fueron:

- Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México”, en el cual se buscó fortalecer las bases científicas y desarrollar las herramientas necesarias para la toma de decisiones, así como para la evaluación y seguimiento de políticas en materia de calidad del aire en la ZMVM. Desarrollado por el INE y MIT.
- Reducción de azufre en combustible y sus beneficios, realizado por el INE.
- Proyecto de actividad vehicular en la ZMVM, coordinado por el INE y financiado por la Fundación Hewlett.
- Estudio de “Beneficios locales y globales del control de la contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México”, coordinado por el INE y apoyado por la EPA.
- Evaluación de la adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos carburados, no equipados desde fábrica (retrofit), coordinado por el INE y la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la SEMARNAT.
- Estudio “Vehicle Mass Analysis System” (VMAS, por sus siglas en inglés) coordinado por el INE y los Gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México.

La Dra. Luisa Molina ha llevado a cabo en la Ciudad de México en el 2006, 2007, 2008 y en el 2009 las Reuniones Científicas del Proyecto Milagro con los investigadores participantes, donde se dan a conocer los hallazgos científicos de sus investigaciones durante la Campaña de marzo de 2006. Como resultado de esta campaña se han publicado más de 40 artículos internacionales sobre la contaminación en la ZMVM.

Los Contaminantes tóxicos y cancerígenos son medidos por primera vez de forma permanente en la Zona Metropolitana del Valle de México. Este proyecto, en fase piloto, permitirá que la metrópoli sea la primera urbe de América Latina que mida este tipo de elementos, conocidos como compuestos orgánicos volátiles.

## Beneficios.

Todos los proyectos realizados han aportado información importante sobre la contaminación atmosférica de la ZMVM. Esta información ha sido de utilidad para las autoridades ambientales en la toma de decisiones. Muchos proyectos sirvieron para que las autoridades ambientales contaran con instrumentos modernos de medición y validación.

## Recomendaciones.

Buscar recursos económicos para realizar proyectos de investigación e intervención como los presentados en esta sección para contar con mayor información y equipamiento en la solución del problema de contaminación atmosférica.

## Documentos de Referencia

- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2004, Diseño de alternativas para el financiamiento e instrumentación integral de 47 medidas del programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.
- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2004, PROAIRE 02-10: Informe ejecutivo de avances 2002-2003.
- SMA-GDF. 2000. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 1998.
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2004.
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Dirección General de Inventario de Emisiones. Evolución y Tendencias de las Emisiones en la ZMVM 1990-2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe de la Calidad del Aire 2008.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2008. (Documento Preliminar).
- SMA-GDF. 2007. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2007.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2008.

## 5

## EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES POR LAS ESTRATEGIAS

El obstáculo principal para la estimación de las reducciones logradas fue la escasez y falta de actualización de la información. En general, casi ninguno de los grupos de trabajo cuenta con informes totales o parciales de los avances del PROAIRE 2002-2010. Por ello, todas las cuantificaciones realizadas se basaron en los datos que utiliza la SMA-GDF para la elaboración de los inventarios de emisiones.

Para realizar la evaluación, se compararon los valores esperados que se estimaron en el documento original del PROAIRE 2002-2010 con las reducciones obtenidas en cada una de las medidas. Los sectores en que se cuantificaron las reducciones fueron los de vehículos y transporte, el de industria y el de servicios. En los sectores y medidas en los que no es posible cuantificar las reducciones se presenta el resumen de las acciones llevadas a cabo y una evaluación cualitativa de beneficios ambientales.

El Cuadro 5.1 presenta el resumen de las reducciones esperadas y alcanzadas por contaminante durante el PROAIRE 2002-2010. En general, las reducciones cuantificadas muestran que la meta numérica total en volumen de reducciones se alcanzó dos años antes. Sin embargo, no se han cumplido las metas cuantitativas para PM<sub>10</sub>, hidrocarburos y NO<sub>x</sub> en el sector de transporte, aunque hubo un mayor volumen reducido de CO que el esperado; en el sector industrial las reducciones alcanzadas para SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e hidrocarburos no metánicos fueron pequeñas, aunque se superó 20 veces la meta para PM<sub>10</sub>. Las reducciones alcanzadas en el sector servicios se superaron en más del 20% a fines del 2008.

Cuadro 5.1 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (diciembre 2008)

MEDIDAS		Ton/año PM <sub>10</sub>	Ton/año SO <sub>2</sub>	Ton/año CO	Ton/año NO <sub>x</sub>	Ton/año HCNM
Vehículos y Transportes	E	4 282	1 012	590 972	114 090	82 746
	A	2 112	463	817 132	64 307	71 286
Industria	E	121	4 208	234	7 006	5 980
	A	2 866	43	N/E	472	587
Servicios	E	N/A	N/A	N/A	N/A	11 181
	A	N/A	N/A	N/A	N/A	13 851
Recursos Naturales	E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Salud	E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Educación Ambiental	E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Fortalecimiento	E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Total reducciones esperadas	E	4 403	5 220	591 206	121 096	99 907
Total reducciones alcanzadas	A	5 078	506	817 132	64 779	85 706
Reducción en % respecto a las emisiones totales proyectadas al 2010	E	0.55	0.93	75.5	15.3	8
Reducción en % respecto a las emisiones del 2008	A	0.23	0.05	85.5	6.7	7.5

E: Reducciones esperadas al 2010. A: Reducciones alcanzadas al 2008. N/E: No estimada. N/A: No aplica

## 5.1 ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES GENERADAS POR EL TRANSPORTE

### Resultados generales

Las reducciones totales esperadas para el año 2010 ascienden a 899 787 ton/año para este sector y representan más del 98% del total de reducciones esperadas de todo el programa. Hasta fines del año 2008, el volumen total de las reducciones como consecuencia de la aplicación de medidas relacionadas con vehículos y transporte eran de 955 382 ton/año, lo cual es superior a la meta establecida, sin contar que aún faltan las reducciones de 2009 y 2010. Cabe mencionar que las medidas que dieron lugar a las mayores reducciones son diferentes a las originalmente proyectadas y la distribución de las reducciones tampoco fue la esperada y aunque se superó la meta para CO, los demás contaminantes tuvieron reducciones menores a las esperadas (Cuadro 5.2).

### Reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos

Se había estimado que en este grupo de medidas, el CO aportara el 75% de las reducciones totales para vehículos y transportes, y hasta la fecha alcanza más del 86% de las mismas, lo cual implica que las reducciones en otros contaminantes que tienen un mayor impacto en la salud o en la producción de ozono tuvieron reducciones menores a las esperadas. Los hidrocarburos no metánicos representaron únicamente el 7.5% de las reducciones por vehículos y transportes frente al 10% inicialmente esperado, lo que implica que no se cumplieron las expectativas de reducción de estos importantes precursores en la formación de ozono. La reducción de NOx, otro precursor del ozono, tuvo un poco menos de la mitad de las ton/año esperadas de reducción. Lo anterior tiene implicaciones negativas en la disminución de los niveles de ozono atmosférico. Las PM<sub>10</sub> y el SO<sub>2</sub>, contaminantes que tienen importantes efectos adversos a la salud, presentaron reducciones menores a la mitad de las esperadas, lo cual se debió en parte al incumplimiento de las medidas 2 y 13, relacionadas con la disminución del contenido de azufre en la gasolina y el diesel, pero principalmente a que los proyectos del tren suburbano (que inició en 2008) y la expansión del metro, tuvieron un gran retraso, además de que la ampliación de la red de trolebuses y tren ligero no se llevó a cabo por falta de presupuesto.

### Reducciones vinculadas a la aplicación de las medidas

Las medidas que más contribuyeron en el volumen total de las ton/año reducidas fueron la "Sustitución de taxis en el Distrito Federal" (medida 8) que, aunque no alcanzó las reducciones esperadas para partículas, rebasó la expectativa de reducciones contaminantes contribuyendo con más de 150 000 ton/año, el Programa de retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes" (medida 7 con reducciones mayores a 138 000 ton/año), el "Programa integral de reducción de emisiones PIREC" (medida 5 con más de 123 000 ton/año de reducciones), el "Fomento de uso de combustibles alternativos" (medida 30), principalmente de microbuses a Gas LP, el "Mejoramiento continuo de la verificación vehicular" (medida 3) y la "Actualización del programa Hoy No Circula"; originalmente, a los últimos programas no se les había estimado reducciones en el PROAIRE 2002-2010, sin embargo fueron exitosos y se lograron importantes reducciones. Es importante resaltar que el éxito de los mencionados programas estuvo muy vinculado al programa de la medida 1: "Establecimiento de límites más estrictos para vehículos nuevos", cuyas reducciones cuantificadas son menores al 10% de las reducciones esperadas; pero sin el cumplimiento de dicha medida no hubiera sido posible obtener las reducciones mencionadas en las demás medidas.

De las medidas del grupo de Vialidad, la 37, referente al mejoramiento de la infraestructura vial fue la que aportó mayor cantidad de reducciones con más de 107 000 ton/año, seguida por la de anillos y libramientos (medida 36) y corredores de transporte (medida 20).

Las medidas que han tenido reducciones similares a las contempladas en el documento de PROAIRE 2002-2010 son la 22, relacionada con la "Renovación de autobuses RTP y servicio de transporte eléctrico STE" y la medida 23, relacionada con la "Renovación de la flota de transporte de carga local".

Las medidas que no han tenido ningún avance y por lo tanto no produjeron ninguna reducción son la medida 6, "Adaptación de sistemas retrofit" de la que se esperaba la mayor reducción de las medidas de vehículos por más de 180 000 ton/año y cuyo esquema costo-beneficio fue inviable; la medida 21, correspondiente a la "Eliminación de de vehículos contaminantes de uso privado de mayor uso" de la que se esperaba una reducción de alrededor de 116 000 ton/año, no tuvo resultados debido a que la crisis económica no ha permitido que el programa de reemplazo se incremente, a pesar que desde el 2009 se puso en marcha un programa federal de sustitución; la medida 28, de "Localización de taxis en bases" que reduciría más de 6 600 ton/año tampoco avanzó.

Las medidas 1 y 12 para establecer límites más estrictos de emisión en vehículos y transportes nuevos no se han podido aplicar en la forma requerida debido a que aún no se cuenta con la gasolina y diesel de bajo azufre (medida 13) requeridos por la industria automotriz para implementar la tecnología que produzca mayores reducciones en las emisiones de escape (medida 15). La medida 14 de homologación de los vehículos a diesel con los programas de verificación de los Estados Unidos y Canadá tampoco será posible mientras no se cuente con el diesel de bajo azufre. Por ello, será necesario solicitar a PEMEX la distribución en altos volúmenes de este tipo de combustibles lo que implicará un beneficio importante en cuanto a la disminución de emisiones vehiculares.

Por otra parte, cabe mencionar que el "Programa de autorregulación de vehículos a diesel (medida 16) fue relativamente exitoso ya que aproximadamente el 25% de los mismos entraron al programa logrando disminuciones de alrededor de 6 000 ton/año al lograr niveles de opacidad menores en un 65% a los establecidos por la norma.

Es importante señalar que en muchos casos fue difícil realizar las estimaciones y en otros imposible por la falta de datos como aforos de las nuevas vialidades y libramientos. Además, no se han realizado los estudios sobre la modificación de las velocidades con las que se transita, no se ha publicado la información actualizada del tren suburbano en cuanto a número de viajes, usuarios, frecuencia diaria etc. y en general persiste una falta de información "oficial" sobre la situación actual de las vialidades.

El Cuadro 5.3 presenta un resumen de las recomendaciones para cada medida en el sentido de continuarla, actualizarla periódicamente, suspenderla o replantearla con el fin de obtener mejores resultados. Se intentó realizar una jerarquización de las 20 medidas más importantes en relación con la disminución de las emisiones totales y sus implicaciones en la mejora en la calidad del aire y disminución de efectos adversos a la salud. Las restantes medidas de vehículos no fueron jerarquizadas y el orden en que se presentan es el del documento del PROAIRE 2002-2010. Cabe mencionar que dicha jerarquización no fue fácil y es relativa, ya que algunas medidas que tienen muy pocas o nulas reducciones fueron determinantes para el cumplimiento de otras medidas que sí obtuvieron reducciones importantes, como es el caso de aquellas relacionadas con normatividad.

Cuadro 5.2 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (en 2008) para Vehículos y Transportes.

Clave	Medidas Vehículos y Transportes		Ton/año PM <sub>10</sub>	Ton/año SO <sub>2</sub>	Ton/año CO	Ton/año NOx	Ton/año HCNM
G8-1-PT1	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina	E	426	159	10,482	11,006	3,564
		A	0	0	3,164	1,870	1,217
G7-1-PT2	Reducción contenido de azufre en gasolina 50 ppm	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	4	61	0	0	0
G4-1-PT3	Mejoramiento continuo del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	N/E	N/E	84,416	2,310	5,304
G4-2-PT4	Modernización y actualización del programa hoy no circula	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	115	84	64,483	4,757	5,752
G4-3-PT5	Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes. PIREC	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	N/E	N/E	95,763	15,865	11,488
G4-3-PT6	Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (retrofit)	E	N/E	N/E	153,419	12,643	14,959
		A	0	0	0	0	0
G4-5-PT7	Programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	1,515	0	113,087	14,091	10,240
G6-1-PT8	Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad (taxis)	E	124	N/E	N/E	8,579	11,434
		A	38	58	138,974	3,942	12,903
G6-2-PT9	Sustitución del transporte pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad	E	12	N/E	151,933	5,027	13,374
		A	-125	-6	24,688	-245	1,413
G8-3-PT12	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel	E	640	N/E	N/E	6,362	1,012
		A	0	0	0	0	0
G7-2-PT13	Reducción del contenido de azufre en el diesel	E	N/E	40	N/E	N/E	N/E
		A	0	0	0	0	0
G4-9-PT16	Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	232	NE	2,724	2,244	904
G6-4-PT19	Introducción de vehículos eléctricos	E	N/E	40	N/E	N/E	N/E
		A	0.13	N/E	238	24	24
G3-1-PT20	Establecimiento de corredores de transporte	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	0	0.6	3,530	14	314
G6-5-PT21	Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado	E	155	0	102,267	5,234	8,323
		A	0	0	0	0	0
G6-6-PT22	Renovación de autobuses (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE)	E	95	0	725	860	348
		A	110	38	498	1,477	395
G6-12-PT23	Renovación de la flota de transporte de carga local	E	24	0	86,829	6,131	5,728
		A	20	0	65,008	306	3,808
G6-15-PT25	Expansión del metro	E	352	91	9,375	7,074	2,841
		A	0	0	0	0	0
G6-16-PT26	Establecimiento de una red de trenes suburbanos	E	265	72	7,064	5,330	2,140
		A	4	5	6,859	391	773
G6-17-PT27	Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero	E	2,189	598	62,830	45,729	18,554
		A	0	0	0	0	0
G6-7-PT28	Localización de taxis en bases	E	N/E	12	6,048	115	469
		A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
G6-9-PT30	Fomento del uso de combustibles alternativos en el sistema de transporte público de pasajeros	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	-6	39	96,711	-1,545	989
G3-4-PT36	Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	110	183	37,704	2,517	4,373
G3-5-PT37	Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
		A	196	N/E	79,287	16,292	11,372

E: Reducciones esperadas al 2010. A: Reducciones alcanzadas al 2008. N/E: No estimada

Cuadro 5.3. Recomendaciones y jerarquización de las Medidas de Vehículos y Transportes

J	No	Clave y grupo	Medidas Vehículos y Transportes	Recomendación
1	8	G6-1-PT8 Transporte	Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad (taxi). Mayor volumen total, importantes reducciones en HCNM que son tóxicos y precursores de O <sub>3</sub> .	Continuar
2	7	G4-5-PT7 C. Vehicular	Programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes. Además del alto volumen en reducciones totales, tuvo las más altas reducciones en PM <sub>10</sub> .	Continuar
3	5	G4-3-PT5 C. Vehicular	Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes, PIREC.	Continuar
4	1	G8-1-PT1 Normatividad	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina. Fue fundamental para el cumplimiento de otras medidas.	Actualizar periódicamente
5	37	G3-5-PT37 Vialidad	Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana.	Continuar
6	30	G6-9-PT30 Transporte	Fomento del uso de combustibles alternativos en el sistema de transporte público de pasajeros.	Replantear por disponibilidad de gas
7	3	G4-1-PT3 C. Vehicular	Mejoramiento continuo del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio.	Actualizar periódicamente
8	4	G4-2-PT4 C. Vehicular	Modernización y actualización del programa hoy no circula.	Actualizar periódicamente
9	23	G6-12-PT23 Transporte	Renovación de la flota de transporte de carga local.	Continuar
10	36	G3-4-PT36 Vialidad	Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM.	Continuar
11	9	G6-2-PT9 Transporte	Sustitución del transporte pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad.	Continuar y Extender al Estado de México
12	26	G6-16-PT26 Transporte	Establecimiento de una red de trenes suburbanos.	Continuar
13	16	G4-9-PT16 C. Vehicular	Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel.	Actualizar y extender al Estado de México
14	20	G3-1-PT20 Vialidad	Establecimiento de corredores de transporte.	Continuar y extender al Estado de México
15	22	G6-6-PT22 Transporte	Renovación de autobuses (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE).	Continuar y extender al Estado de México
16	21	G6-5-PT21 Transporte	Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado.	Continuar
17	2	G7-1-PT2 Energía	Reducción contenido de azufre en gasolina 50 ppm.	Ampliar distribución
18	33	G6-11-PT33 Transporte	Promoción de rutas directas o express, locales y metropolitanas.	Continuar y extender al Estado de México
19	25	G6-15-PT25 Transporte	Expansión del metro.	Continuar
20	27	G6-17-PT27 Transporte	Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero.	Continuar
	6	G4-3-PT6 C. Vehicular	Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (retrofit).	No continuar
	10	G8-2-PT10 Normatividad	Establecimiento disposiciones normativas y mecanismos de control para evitar la introducción de vehículos importados	Replantear

			fuera de especificaciones ambientales.	
11	G4-6-PT11 C. Vehicular	Diseño e instrumentación de un programa de prueba de aditivos y dispositivos anticontaminantes incluyendo un protocolo de pruebas y procedimientos administrativos.	Continuar y extender a nivel federal	
12	G8-3-PT12 Normatividad	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel.	Actualizar periódicamente	
13	G7-2-PT13 Energía	Reducción del contenido de azufre en el diesel.	Continuar	
14	G4-7-PT14 C. Vehicular	Actualización del programa de verificación de vehículos a diesel a nivel federal y homologación con los Estados Unidos de América y Canadá.	Continuar	
15	G4-8-PT15 Normatividad	Instrumentar un programa de sustitución de motores y trenes motrices de vehículos a diesel y/o retroadaptación de sistemas de control de emisiones.	Replantear	
17	G6-3-PT17 Transporte	Diseño, evaluación y/o ejecución de proyectos piloto demostrativos.	Replantear pruebas	
18	G7-3-PT18 Energía	Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (GNC).	Replantear	
19	G6-4-PT19 Transporte	Introducción de vehículos eléctricos.	Continuar	
24	G6-13-PT24 Transporte	Regulación del horario de circulación para los vehículos de carga.	Replantear	
28	G6-7-PT28 Transporte	Localización de taxis en bases.	Replantear en D.F.	
29	G6-8-PT29 Transporte	Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM.	Continuar	
31	G6-10-PT31 Transporte	Implantación del registro estatal del transporte público.	Actualizar periódicamente	
32	G6-14-PT32 Transporte	Programa integral para el transporte público de carga.	Replantear	
34	G3-2-PT34 Vialidad	Modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano.	Continuar	
35	G3-3-PT35 Vialidad	Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM.	Replantear	
38	G3-1-PT38 Vialidad	Gestión y coordinación para mejorar la construcción y modernización de los paraderos de la ZMVM.	Continuar	

J. Jerarquización de la medida

## 5.2 ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE LA INDUSTRIA Y LOS SERVICIOS

### INDUSTRIA

#### Resultados generales

Se esperaba que la aplicación de las medidas para la Industria del PROAIRE 2002-2010 contribuyeran con un 2.1% de las reducciones totales estimadas, equivalente a 17 549 ton/año para fines del 2010. A fines del 2008, las reducciones alcanzadas representan menos del 23% de dicha cantidad con únicamente 3 968 ton/año.

#### Reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos

El diseño de las medidas apuntaba a una importante reducción de NOx (40%), seguida por hidrocarburos (34%) y SO<sub>2</sub> (24%), sin embargo las reducciones alcanzadas a diciembre 2008 muestran una distribución muy diferente, correspondiendo las reducciones a NOx, HCNM y SO<sub>2</sub> en un 12, 15 y 1% respectivamente, mientras que el contaminante que más se redujo con la aplicación de las medidas fueron las partículas PM<sub>10</sub> contribuyendo con el 72% de las reducciones alcanzadas que representan alrededor de 2 900 ton/año (Cuadro 5.4). Esta contribución en la disminución de partículas es relevante ya que este contaminante es de los que más efectos adversos a la salud presentan.

#### Reducciones vinculadas a la aplicación de las medidas

De las 7 medidas contempladas para el sector industrial, se esperaba una importante reducción de SO<sub>2</sub> y NOx con la "Reconversión energética de la industria" (medida 1), al implicar que un gran número de industrias dejarían de consumir diesel para utilizar gas natural. Sin embargo debido a problemas relacionados con la falta de redes de distribución de gas natural, esta medida avanzó muy poco encontrando a finales del año 2008 una reducción de apenas 139 ton/año frente a las 5 213 ton/año que se esperaban lograr para fines del 2010.

Una medida que ha avanzado, aunque menos a lo esperado es la de "Control de emisiones contaminantes en el sector industrial" (medida 2), con la cual se propició la reducción de más de 3 600 ton/año lo cual representa un avance a finales de 2008 del 46% sobre las reducciones esperadas para dicha medida. La reducción más importante es en PM<sub>10</sub> lo cual tiene importantes implicaciones en la calidad del aire y la salud, seguida de HCNM y NOx. El éxito parcial de esta medida se vincula principalmente a la exención al Programa de Contingencias Ambientales y a los estímulos ofrecidos por el GDF, mientras que en el Estado de México no se logró obtener esa información, aunque falta que alrededor del 75% de las industrias sujetas a dicho programa realicen sus reducciones si quieren exentar el Programa de Contingencias. La crisis económica que han sufrido las empresas en los últimos años es también un impedimento para que inviertan en equipos de control y programas de ahorro de energía.

Aunque la medida 4 relacionada con un "Sistema integrado de regulación" se logró concluir tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México, y se fortalecieron las acciones de inspección y vigilancia (medida 6), la realidad es que la instrumentación de la medida para una "Producción más limpia" (medida 3) la cual tenía una expectativa moderada de reducción de emisiones (menor al 15% del total), no se logró impulsar suficientemente. Sin embargo se firmaron varios convenios, algunas empresas consideraron la autorregulación, y se dio capacitación a ciertas industrias. Probablemente algunas de las

reducciones de la medida 2 se vinculen con la aplicación de la medida 3, sin embargo, a la fecha la respuesta ha sido escasa y se tienen muy pocos datos al respecto. La misma situación prevalece con la medida 5 de autorregulación de la industria, a la cual muy pocas empresas se han sumado para realizar sus auditorías y adquirir sus certificados de industria limpia.

En cuanto a la implementación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), tanto la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de México como la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal finalizaron sus sistemas de acceso y exportación de datos con lo cual los usuarios pueden conocer la información de este registro a través de Internet.

Finalmente para la medida 7 con la que se tenía la expectativa de disminuir las emisiones de NO<sub>x</sub> en 4 000 ton/año, el resultado reportado por la SMA-GDF es muy inferior (216 ton/año). Aunque es importante manifestar que la información sobre las emisiones de las termoeléctricas es escasa y tiene una gran incertidumbre. Se desconoce si se establecieron los monitoreos perimetrales en las generadoras de energía Jorge Luke y Valle de México.

Cuadro 5.4 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (en 2008) para la Industria

No	Clave	Medidas Industria		Ton/año PM <sub>10</sub>	Ton/año SO <sub>2</sub>	Ton/año CO	Ton/año NO <sub>x</sub>	Ton/año HCNM
1	G1-1-I1	Reconversión energética en la industria	E	8	4 190	N/A	1 015	N/A
			A	16	43	N/E	80	N/E
2	G1-2-I2	Control de emisiones contaminantes en el sector industrial	E	95	N/E	N/E	1 532	5 953
			A	2 850	N/E	N/E	176	587
3	G1-3-I2	Instrumentación de programas de producción más limpia	E	18	18	234	459	27
			A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
7	G1-7-I7	Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM	E	N/E	N/E	N/E	4 000	N/E
			A	N/E	N/E	N/E	216	N/E

E: Reducciones esperadas al 2010. A: Reducciones alcanzadas al 2008. N/E: No estimada

El Cuadro 5.5 muestra las recomendaciones generales para cada medida, así como la jerarquización de las mismas relacionadas con la reducción en las emisiones.

Cuadro 5.5. Medidas de Industria

J	No	Medidas Industria	Recomendación	
1	2	G1-2-I2 Industria y Servicios	Control de emisiones contaminantes en el sector industrial	Continuar
2	7	G7-6-I7 Energía	Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM	Replantear
3	5	G1-5-I5 Industria y Servicios	Fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria.	Continuar y extender al Estado de México
4	6	G1-6-I6 Industria y Servicios	Fortalecer las actividades de inspección y vigilancia en la industria.	Continuar
5	1	G1-1-I1 Industria y Servicios	Reconversión energética en la industria	Continuar y extender al Estado de México
6	4	G1-4-I4 Industria y Servicios	Consolidación del sistema integrado de regulación de la industria (SIRG).	Continuar y extender al Estado de México
7	3	G1-3-I3 Industria y Servicios	Instrumentación de programas de producción más limpia	Continuar

## SERVICIOS

### Resultados generales

Las expectativas de reducción de contaminantes en el sector de servicios se habían estimado en alrededor de 11 200 ton/año de hidrocarburos para el año 2010. A fines de 2008, esta cifra fue superada por alrededor de un 20%, para obtener una reducción de 13 851 ton/año, que corresponde al 1.4% de las reducciones totales alcanzadas durante la aplicación de las medidas del PROAIRE 2002-2010 (Cuadro 5.4). Las reducciones alcanzadas por este sector tienen gran relevancia porque algunos de ellos son tóxicos y la mayoría corresponden a contaminantes precursores en la formación de ozono.

### Reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos

Tanto las reducciones esperadas como las alcanzadas, se relacionan con la disminución de hidrocarburos, principalmente de compuestos orgánicos volátiles (COVs) reactivos en la formación de ozono troposférico. Las reducciones alcanzadas por este sector representan el 11% de las reducciones totales para HCNM de todo el PROAIRE 2002-2010 hasta finales de 2008 (Cuadro 5.6).

### Reducciones vinculadas a la aplicación de las medidas

Las reducciones obtenidas se deben casi en su totalidad a la medida 5 que consistió en realizar la instalación de "Sistemas de Recuperación de Vapor en Estaciones de Servicio" en el Distrito Federal de acuerdo a la norma local NAEDF-001-AMBT-2006.

A pesar del intenso esfuerzo en modernizar la normatividad relacionada con los recipientes de GLP, correspondiente a la medida 4, no hubo un mayor seguimiento y promoción para evitar fugas de este combustible, por lo que las reducciones alcanzadas fueron muy pocas, menor al 2% de las reducciones esperadas, además de que en el Estado de México no se realizaron acciones normativas similares.

Las medidas 6 y 7 que correspondían al Estado de México, no han tenido un seguimiento de inspección y vigilancia. A pesar de haberse publicado la normatividad en el caso de los materiales pétreos y del esfuerzo de inversión que se hizo en las tabiquerías, se desconoce el monto de las reducciones. Considerando los importantes efectos adversos a la salud que provocan las partículas es muy importante el seguimiento de estas medidas.

La medida 1 que tenía la expectativa de importantes reducciones en COV (6 000 ton/año) quedó detenida por falta de apoyo a la industria de lavanderías y no se obtuvieron reducciones. Es importante considerar la aplicación de una normatividad para el control de COVs en estos establecimientos.

Aunque el objetivo principal en el Distrito Federal al promover el uso de la energía solar en el sector Servicios y desarrollar una normatividad, fue motivada principalmente por la puesta en marcha del "Plan Verde", para lograr reducciones importantes de emisiones de CO<sub>2</sub>, el uso de energías alternativas implica reducciones en la emisión de otros contaminantes. No se presentan dichas reducciones ya que no se tuvo acceso a los datos.

Con lo anterior, queda nuevamente de manifiesto, la necesidad de que en el próximo Programa de Calidad de Aire se consideres de manera simultánea los beneficios que diferentes estrategias y medidas representan en la reducción, no solo de las emisiones de contaminantes criterio, sino también de contaminantes tóxicos y de gases de efecto invernadero.

Cuadro 5.6 Reducciones esperadas (al 2010) y alcanzadas (en 2008) en Servicios

No	Clave	Medidas Servicios		Ton/año PM <sub>10</sub>	Ton/año SO <sub>2</sub>	Ton/año CO	Ton/año NOx	Ton/año HCNM
1	G1-5-S1	Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco	E	N/A	N/A	N/A	N/A	6 000
			A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/E
4	G1-5-S4	Reducción de emisiones por fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM	E	N/A	N/A	N/A	N/A	5 181
			A	N/A	N/A	N/A	N/A	101
5	G1-5-S5	Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio	E	N/A	N/A	N/A	N/A	N/E
			A	N/A	N/A	N/A	N/A	13 750
8	G1-5-S8	Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles	E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E
			A	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E

E: Reducciones esperadas al 2010. A: Reducciones alcanzadas al 2008. N/E: No estimada. N/A: No aplica

El Cuadro 5.7 muestra las recomendaciones y jerarquización de las medidas de servicios de acuerdo al volumen de emisiones logradas.

Cuadro 5.7. Recomendación y jerarquización de las Medidas de Servicios

No	J	Medidas Servicios	Recomendación	
1	5	G1-10-S5 Industria y Servicios	Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio	Extender al Estado de México
2	8	G7-5-S8 Energía	Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles	Continuar y extender al Estado de México
3	4	G7-4-S4 Energía	Reducción de emisiones por fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM	Replantear
4	1	G1-7-S1 Industria y Servicios	Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco	Replantear
5	2	G1-8-S2 Industria y Servicios	Mecanismos de autorregulación y mejoramiento de la gestión ambiental en pequeños y medianos establecimientos.	Continuar y extender al Estado de México
6	3	G1-9-S3 Industria y Servicios	Capacitación en prácticas eficientes de combustión en establecimientos comerciales y de servicios que cuenten con calderas.	Replantear
7	6	G1-11-S6 Industria y Servicios	Regulación de las actividades de extracción en bancos de materiales pétreos no consolidados.	Replantear Inspección y vigilancia
8	7	G8-4-S7 Normatividad	Lineamientos del uso de combustibles y la operación de hornos artesanales para la fabricación de tabique.	Replantear
9	9	G1-12-S9 Industria y Servicios	Promover y desarrollar instrumentos económicos de fomento ambiental para los establecimientos industriales y de servicios en la ZMVM.	Replantear

## 5.3 ESTRATEGIA PARA LA PRESERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y PREVENCIÓN DE LA EXPANSIÓN DE LA MANCHA URBANA

### Resultados generales

Durante el desarrollo del PROAIRE 2002-2010, los recursos naturales han seguido sujetos a enormes presiones de degradación, no solamente por fenómenos naturales, sino principalmente debido al incontenible aumento de la población en la ZMVM y la necesidad de satisfacer las necesidades de vivienda y alimentación. Esto produce como resultado, la disminución de suelo de conservación y áreas verdes, con el consecuente aumento de las emisiones contaminantes.

En el período de evaluación se realizaron un gran número de acciones dirigidas a cuantificar, contener e incluso revertir los efectos de dicha contaminación en la zona metropolitana que se desata resintiéndose el consumo de los recursos naturales. El objetivo de tales medidas es lograr en la región un desarrollo sustentable.

La conservación de los recursos naturales juega un papel importantísimo en la captura no solamente de CO<sub>2</sub>, sino en general de las emisiones contaminantes. El deterioro de la cobertura vegetal y forestal trae como consecuencia terrenos áridos y poco fértiles por la pérdida de nutrientes. Estos se erosionan con la lluvia y el viento, produciendo a su vez generación de partículas a la atmósfera. Por ello, aunque en el presente estudio no fue posible la cuantificación de las reducciones alcanzadas por las medidas aplicadas, se considera implícito en cada una de ellas la mejora de la calidad del aire. La implementación del Plan Verde en el Distrito Federal fortaleció de manera importante la realización de varias medidas del PROAIRE 2002-2010 sobre Conservación de los Recursos Naturales.

### Ordenamiento ecológico (Medidas 1-4)

Con respecto al Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF), aprobado en el año 2000, se está elaborando un apartado ambiental con el objetivo de integrar los criterios y lineamientos del PGOEDF en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano (PDDU), así como los convenios y acuerdos con las delegaciones respectivas. En 2008-2009 se ha continuado la actualización del PGOEDF y el avance es del 45%. El Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región del Volcán Popocatepetl y su Zona de Influencia fue publicado en la *Gaceta del Gobierno* el 8 de febrero del 2007.

Para lograr el ordenamiento y control de los asentamientos urbanos irregulares se identificaron en el Distrito Federal 840 asentamientos irregulares en 2 500 hectáreas, en 9 delegaciones que cuentan con suelo de conservación. La SMA-GDF ha integrado una Comisión conocida como "Crecimiento Cero", en la que participan diversas autoridades administrativas del GDF. Con la creación de la Policía Ambiental se pretende evitar nuevos asentamientos humanos irregulares, vigilar los parajes con más incidencia de tala clandestina, inhibir el cambio de uso de suelo así como el depósito de residuos de construcción.

Por su parte, la SMA-GEM actualizó el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México de 1993, cuya nueva versión se publicó en la *Gaceta del Gobierno* el 19 de junio del 2006. La Coordinación General de Conservación Ecológica del Estado de México a través de su componente de Protección y Vigilancia ha fortalecido su infraestructura para evitar los asentamientos irregulares, principalmente en la Sierra de Guadalupe que es la que presenta mayor problemática.

## Suelo de Conservación y Áreas Naturales Protegidas (Medidas 5)

En el Distrito Federal se tienen registradas 15 Áreas Naturales Protegidas (ANP); de éstas, 8 son de su competencia y son administradas por la SMA-GDF. En el Estado de México, los 18 municipios conurbados de la ZMVM, cuentan actualmente con 18 ANP, el Sistema de ANP de toda la entidad suma una superficie de 990 244 hectáreas, el 44% del territorio estatal.

Se han establecido programas operativos de vigilancia forestal sistemática para la conservación de los recursos naturales. Sus estrategias están fundamentadas en un mayor trabajo de prevención física, cultural, participación social y coordinación interinstitucional. En el Estado de México, la Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE) se encarga de preservar, restaurar y proteger 21 685 hectáreas de cinco áreas naturales protegidas (Sierra de Guadalupe, Sierra de Tepotzotlán, Sierra Hermosa, Sierra Patlachique y Cerro Gordo), ubicadas todas en la ZMVM.

Se publicó el decreto de creación del Heroico Cuerpo de Brigadistas de Protección del Suelo de Conservación del Distrito Federal, que está integrado por 1 500 mujeres y hombres. En el Distrito Federal se inició la elaboración de cuatro Programas de Manejo para las ANP con categoría de Reserva Ecológica Comunitaria. Estas se encuentran en San Miguel Topilejo y San Nicolás Totolapan, del Área Comunitaria de Conservación Ecológica de Milpa Alta y del Parque Urbano Bosque de Tlalpan, con lo cual se tendría cubierto 90 % de las áreas que cuentan con su instrumento rector de manejo y conservación. Se encuentra en trámite para publicarse en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el documento que establecerá oficialmente el Sistema de Áreas Naturales Protegidas (Medida 8-14).

En el Estado de México, la SMA-GEM, por conducto de la Coordinación General de Conservación Ecológica (CGCE) se encarga de preservar, restaurar y proteger 21 685 hectáreas de cinco áreas naturales protegidas (Sierra de Guadalupe, Sierra de Tepotzotlán, Sierra Hermosa, Sierra Patlachique y Cerro Gordo). Se está implementando el Sistema Telemático de Monitoreo Ambiental el cual tiene por objetivo proteger y conservar las ANP del Estado de México (Medida 8).

El Programa de Atención a Visitantes, considerado en los Programas de Manejo de las áreas, ha venido operando en tres ANP: Sierra de Santa Catarina, Sierra de Guadalupe y Desierto de los Leones. Se ofrecen servicios al visitante como visitas guiadas, cursos, uso de canchas deportivas y áreas de campamento. Se han atendido a casi 3 000 personas y los recursos que se han captado han sido aplicados directamente en la conservación de las ANP. Recientemente se ha incorporado a este programa el ANP "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" (Medida 9).

Se creó el programa de Fondos de Apoyo para la Conservación y Restauración de los Ecosistemas a través de la participación social (PROFACE), en el 2008, el cual considera dos modalidades; los FOCORE y el Apoyo para la Participación Social en Acciones para la conservación y Restauración de los Ecosistemas (APASO), ambos orientados al financiamiento de proyectos y de mano de obra en los programas de trabajo para la protección, conservación y/o restauración de ecosistemas (Medida 11).

En el proyecto de conservación y ampliación de las áreas verdes en el 2008 se establece el Programa de Mejoramiento y Recuperación de Espacios Públicos y la adopción de áreas verdes (Medida 12, 14).

Dentro del programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable en el Distrito Federal se ha llevado a cabo el programa Integral de Empleo Productivo y Sustentable (PIEPS) que inició su operación en el 2001 para atender las necesidades de empleo temporal de los habitantes de zonas rurales (Medida 13). La SEGEM obtuvo financiamiento por 99 millones 700 mil pesos del Fideicomiso Ambiental del Valle de México, para implementar el programa para Mitigar la Emisión de Partículas Suspendidas en el Valle de México.

## Incendios forestales (Medida 6)

Se ha dado prioridad la protección y conservación de la cubierta forestal, a través de programas de prevención, limpiando y abriendo brechas de cortafuego, realizando podas y cajeteo de árboles, acondicionando caminos y realizando quemas controladas. En el Distrito Federal se tiene un Programa de prevención y combate de incendios y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de México, por conducto de la Protectora de Bosques (Probosque), ha puesto en marcha el Programa Estatal de Prevención, Control y Combate de Incendios Forestales.

## Resultados vinculados con la reducción de contaminantes a la atmósfera

Se recuperaron más de 85 mil hectáreas de suelo de conservación y se ha contenido el fraccionamiento, construcción e invasión de predios en el Distrito Federal (Medida 1-4).

Con las medidas de prevención y control, se ha disminuido el número de incendios y la superficie de las zonas afectadas de ANP (Medida 6), lo cual disminuye la emisión de partículas.

En el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos el Gobierno del Distrito Federal contó con un total de 192 millones de pesos a cinco años, destinados al pago directo de los beneficiarios y propietarios de zonas en buen estado de conservación de bosques y selvas, que coadyuvan en la remoción de contaminantes y a la recarga de acuíferos. En el Estado de México se creó el Programa para el Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), que en 2008 ha apoyado a 1 913 hectáreas para que ofrezcan servicios ambientales de recarga de acuíferos y cobertura forestal (Medida 7).

En el proyecto de reforestación de la ZMVM, para la recuperación de hábitats, durante el periodo 1998-2007, se reforestaron en el Distrito Federal alrededor de 32 000 hectáreas con 72.6 millones de árboles, principalmente nativos, de los cuales 24.3 millones fueron de reposición. La reforestación en 18 municipios del Estado de México en el periodo 2000-2006, fue de 21.6 millones de árboles (Medida 10).

En el programa de reforestación urbana, solamente en el 2009 se plantaron 193 482 plantas, 80 066 árboles, 38 192 arbustos, 55 224 ornamentales, y dentro de la reforestación del suelo de conservación se logró el establecimiento de 2 millones de árboles. En el Estado de México como parte de la relación de convenios interinstitucionales, la Coordinación General de Conservación Ecológica firmó con diversos municipios 64 convenios para la rehabilitación y reforestación de áreas verdes urbanas (Medida 12).

En el Estado de México durante el periodo 2007-2008, Probosque llevó a cabo el diagnóstico fitosanitario en 187 824 hectáreas; se apoyó la ejecución de trabajos de saneamiento en 73 hectáreas y, de manera directa, realizó el combate y control de plagas y enfermedades en 55 hectáreas (Medida 11). En el ejercicio del periodo 2008-2009 se concluyeron los trabajos para conformar el Plan Maestro de Rescate Integral de los Ríos Magdalena y Eslava. En 2007 el GDF, firmó un convenio de colaboración con la Asociación Reforestamos México, Naturalia A.C. y la Asociación de Scouts de México para dar inicio al programa "Cinturón Verde" con el propósito de recuperar los principales bosques y suelos de conservación que rodean al valle de México con una meta de un millón de árboles en 87 310 hectáreas para el 2012 (Medida 11 y 14).

Con el financiamiento obtenido por la SEGEM por 99 millones 700 mil pesos del Fideicomiso Ambiental del Valle de México, se implementó el programa para Mitigar la Emisión de Partículas Suspendidas en la ZMVM a través de la disminución de suelos erosionados, se han extraído más de 1 millón de m<sup>3</sup> de azolve, se han construido 23 800 m de barreras forestales rompevientos y se han plantado más de 2 millones de árboles, entre otras acciones que faltan por realizarse y que esperan mitigar en 170 000 ton/año la emisión de partículas PM<sub>10</sub> provenientes de suelos erosionados.

## 5.4 ESTRATEGIA PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS POLÍTICAS DE DESARROLLO URBANO, TRANSPORTE Y CALIDAD DEL AIRE

En esta estrategia existe un avance significativo con la creación de la Agenda de Sustentabilidad Ambiental de la ZMVM coordinada por el Colegio Nacional con fondos del Reino Unido.

Entre las acciones previstas por el PROAIRE 2002-2010 estaba el establecimiento de un transporte escolar obligatorio. En febrero de 2009 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal se publicó el documento que establece las medidas para controlar y reducir la contaminación atmosférica y el congestionamiento vial producido directa o indirectamente por el funcionamiento de establecimientos escolares y empresas del Distrito Federal, así como el Decreto para transporte escolar en el Distrito Federal. El programa contemplado se realizará en etapas y se completará para el 2014 cuando todas las escuelas con más de 490 estudiantes estén integradas. La SMA-GDF estimó que para el ciclo escolar 2009-2010 en el que están incorporadas 24 escuelas con más de 19 000 alumnos, se tendrá una reducción de contaminantes de más de 13 000 ton/ciclo escolar.

Por otra parte, en noviembre de 2008, se publicó el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables, cuyo objetivos son la implementación y certificación que promuevan, a través de incentivos económicos e instrumentos de regulación voluntaria, la reducción de emisiones contaminantes y el uso eficiente de energía en las edificaciones ya existentes y por construirse.

Se encuentra en marcha un plan para la optimización de horarios y otorgamiento de incentivos para habitar en sitios cercanos a las oficinas de gobierno del Distrito Federal con el fin de disminuir el uso de transporte.

## 5.5 ESTRATEGIA PARA LA PREVENCIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A NIVELES DE CONTAMINACIÓN RIESGOSOS MEDIANTE LA EVALUACIÓN Y COMUNICACIÓN DE RIESGOS

La implementación de varias de las acciones para la prevención de la exposición de la población a la contaminación atmosférica y de protección a la salud ha promovido y/o coadyuvado a la reducción de algunas emisiones contaminantes.

La modernización y actualización del programa de contingencia ambiental atmosférica (Medida 1), permitió contar con mejor calidad de aire en la zona metropolitana, ya que la activación con la presencia de valores más pequeños de contaminación, se traduce en la reducción inmediata de emisiones de autos de mayor edad y de empresas contaminantes, entre otras acciones. Actualmente la reducción de los índices de contaminación para declarar la contingencia, son insuficientes, por lo que las reducciones en los valores de activación de contingencia en: ozono, partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , deberán continuar actualizándose. Con la información obtenida del análisis de las bases de datos de contaminantes ambientales y de la información epidemiológica, la Secretaría de Salud a través de la COFEPRIS ha presentado una propuesta de cambio en el Plan de Contingencias Ambientales de la ZMVM, la cual, si es aprobada redundará en una mayor reducción de las emisiones contaminantes.

En el marco del Comité de Normalización de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salubridad (COFEPRIS-SSA), se participó en la revisión y actualización de las normas oficiales mexicanas de calidad del aire (ozono, partículas y bióxido de azufre) para la protección a la salud de la población (Medida 6). La participación del sector salud fue importante en la reforma de la NOM-025-SSA1-1993 donde se propuso la concentración normada para las  $PM_{2.5}$  y se modificaron las normas de  $PM_{10}$  y PST, lo cual, al igual que la medida anterior, promueve la disminución de emisiones contaminantes.

La COFEPRIS desarrolló el análisis de información del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) en el que se obtuvieron valores resumen por semana epidemiológica a partir de las fechas establecidas en los calendarios epidemiológicos, indicando los promedios y valores máximos por zona y estación de monitoreo. Se cuenta con una base de datos con los cálculos diarios de todos los indicadores de 6 contaminantes criterio y 2 parámetros meteorológicos de todas las estaciones de monitoreo (Medida 5). Así mismo, la COFEPRIS reporta que tomando en consideración los datos epidemiológicos de enfermedades respiratorias por contaminación atmosférica de la población que reside en la ZMVM, reportados por las unidades médicas, Centros de Salud y Clínicas de 2º y 3er nivel de atención durante el período 1999-2008, se pudo realizar la estimación del costo de atención médica para algunos de los indicadores en salud (Medida 4); cabe mencionar que en esta evaluación no se tuvo acceso a dichos datos. Los resultados obtenidos en esta medida tendrán una gran importancia para los programas futuros de calidad del aire que se propongan, ya que el contar con el costo en salud producido por la contaminación ambiental, promoverá que se realicen análisis costo-beneficio como en otros países, donde la conclusión ha sido, que por muy costoso que parezca, resulta más económico prevenir y tomar medidas para la reducción de contaminantes que sufragar los gastos de salud de una población enferma, esto significa que se podrían acelerar acciones que, sin contar con este tipo de evidencias se llevarían a cabo en forma más lenta.

En cuanto a la aplicación de las medidas 2 y 3 relacionadas con educación, percepción y comunicación de riesgos, cuya finalidad es reducir la exposición de la población a la contaminación del aire, se ha tenido como resultado el fortalecimiento de los programas de monitoreo. Su difusión es cada vez más accesible a la población ya sea vía internet ([sma.df.gob.mx](http://sma.df.gob.mx)) o telefónica. Estas acciones de difusión promovieron la concientización de la población y han modificado su actitud tanto para evitar zonas de alta contaminación, como para participar en forma más activa en la reducción de las emisiones.

Finalmente, aunque se realizaron algunos estudios relacionados con las medidas 7 y 8 persiste la necesidad de contar con un mayor conocimiento de los niveles de especies tóxicas presentes en la ZMVM y sus efectos en la salud, para instrumentar acciones que tiendan a reducir el riesgo y tiempos de exposición de la población a dichas especies.

## 5.6 ESTRATEGIA PARA EL REFORZAMIENTO DEL MARCO NORMATIVO Y SU CUMPLIMIENTO

El reforzamiento del Marco Normativo durante la aplicación del PROAIRE 2002-2010 fue una de las estrategias fundamentales para que los diferentes sectores modificaran sus actitudes, y cumplieran sus obligaciones. En ese sentido, la elaboración de los diagnósticos de establecimientos industriales, comerciales y de servicios en las dos entidades de la ZMVM, de los reglamentos de la Ley Ambiental para fuentes fijas y móviles en el Distrito Federal, de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio, tóxicos y COV y del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, fue esencial para que las autoridades ambientales comprendieran con mayor precisión la forma en que se comportan los

contaminantes atmosféricos y pudieran elaborar y actualizar los instrumentos normativos requeridos para el cumplimiento de las leyes ambientales federales y locales que conduzcan a una mejor calidad del aire.

De este modo, en los últimos 8 años, se actualizaron diferentes leyes y normas que promovieron un mejor comportamiento ambiental de los diferentes sectores de la sociedad.

A nivel Federal, en junio de 2004 se publicó el decreto por el que se expide el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes y se adiciona y reforma la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

En agosto de 2003, se publicó el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico de competencia Federal. En diciembre de 2004 se reformó un artículo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas. En febrero de 2005 se publica el Reglamento de la Ley Federal de Desarrollo Forestal Sustentable.

Por su parte, la Secretaría de Salud apoyada por otras dependencias actualizó las normas de calidad del aire para ozono y partículas, además de publicar por primera vez la norma para  $PM_{2.5}$ . Aunque quedaron pendientes, la publicación de los quiebres del IMECA para este contaminante, así como la publicación de los métodos de referencia y equivalentes para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

En la ZMVM se actualizó el programa de contingencias, modificando los valores de ozono y partículas con los cuales se activa la precontingencia y contingencia ambientales. En relación con las fuentes móviles, se publicaron las normas que establecen límites más estrictos para vehículos nuevos a gasolina y a diesel: normas NOM-042-SEMARNAT-2003 y NOM-044-SEMARNAT-2006 respectivamente. Se actualizaron las normas para vehículos a gasolina y a diesel en circulación: NOM-041-SEMARNAT-2006 y NOM-044-SEMARNAT-2006 respectivamente. Así mismo, se fortalecieron los programas de vigilancia industrial y vehicular y los de preservación de los recursos naturales. En el Distrito Federal, en diciembre del 2003, se publicó en la *Gaceta Oficial* el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal.

## 5.7 ESTRATEGIA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Las acciones conjuntas de las instancias que integran la CAM permitieron el diseño y publicación del Programa Rector Metropolitano Integral de Educación Ambiental (PREMIA), documento publicado en noviembre del 2000 que contiene los lineamientos para fortalecer la formación de una cultura ambiental en la ZMVM. Aunque en el marco de este Programa se celebraron algunos eventos que permitieron la construcción de consensos para la integración de una Agenda Metropolitana y la identificación de las estrategias para facilitar la instrumentación de acciones de educación ambiental, no hubo un seguimiento de este Programa y las acciones posteriores se dispersaron sin tener objetivos precisos.

Dentro de los programas de educación formal se tiene la integración de las principales instituciones de educación superior que ofrecen programas de licenciatura, especialización y posgrado relacionados con temas ambientales, sin embargo persiste la duplicación de esfuerzos y la falta de enseñanza en algunos temas.

Dentro de los esfuerzos realizados por la SMA-GDF, se han fortalecido los tres Centros de Educación Ambiental (CEA) Acuexcomatl, Ecoguardas y Yautlica y se han sistematizado las actividades y materiales

de educación ambiental con la elaboración de cartas descriptivas y fichas técnicas. Se han impartido más de 300 cursos y numerosas acciones de educación, cultura y vinculación con la población del Distrito Federal.

De particular importancia es el hecho de que los Centros de Educación Ambiental (CEA) han elaborado actividades educativas para cada grado escolar de la educación básica (Pre-escolar a Secundaria), los cuales podrían ser incluidos en la curricula escolar en el corto plazo.

Mensualmente, se difunde y distribuye el Informe Ejecutivo de la Calidad del Aire de la ZMVM, vía correo electrónico, a 64 tomadores de decisiones en diferentes instituciones (INE, SEEDOMEX, IIE, ANIQ, FEMISCA, CONIECO, SSA, CAM, SEMARNAT, IMP, UNAM, ININ, PROFEPA y SMA, entre otros), además de que está disponible para consulta de quién esté interesado.

Durante el periodo de 2008-2009, se ha logrado divulgar diversos temas ambientales en más de 80 espacios (radio, televisión, prensa, y cine) y se han realizado 42 diseños gráficos que complementan nuestra actividad educativa.

La gran cantidad de información generada por los diversos proyectos científicos apoyados por el FIDAM con más de 350 millones de pasos, además de los proyectos realizados por el INE y diversas instituciones educativas y de investigación proporciona una mayor certidumbre a los tomadores de decisiones sobre los pasos a seguir para continuar estableciendo medidas que conlleven a una mayor disminución de la contaminación atmosférica. Será indispensable continuar con esta estrategia para que investigadores de diversas instituciones continúen realizando investigaciones que conduzcan a un mayor entendimiento de la contaminación en la ZMVM, así como para que se evalúen los impactos que el PROAIRE 2002-2010 ha tenido en el abatimiento de la contaminación atmosférica.

## 5.8 COBENEFICIOS MEDIANTE LA REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES URBANOS Y DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las acciones realizadas para disminuir las emisiones contaminantes a la atmósfera han contribuido en algunos casos a la reducción de gases de efecto invernadero, principalmente de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Esta reducción es evidente tanto en los casos donde se logró una mejor eficiencia energética (lo que significa una disminución en el consumo de combustible), como en los casos en que se utilizaron combustibles alternativos. Sin embargo, es importante señalar que todas aquellas acciones que contribuyeron a la disminución de CO por una mejora en la tecnología dirigida a la combustión completa, han tenido como consecuencia un aumento en las emisiones de  $\text{CO}_2$ .

En este sentido, la puesta en marcha del "Plan Verde" en el Distrito Federal" motivó en mayor medida la realización de algunas de las acciones contempladas en el PROAIRE, e impulsó el desarrollo de otras como fue el caso del Hoy no circula sabatino y el "Programa de Vivienda Sustentable del Distrito Federal" que estimula el ahorro de energía y con el cual la SMA-GDF ha estimado una reducción de más de 26 000 ton/año de  $\text{CO}_2$ .

El Cuadro 5.8 muestra las disminuciones o incrementos de  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$  debidos a las medidas realizadas en el sector de transporte y vialidad, donde se observa que a pesar de que algunas medidas contribuyeron a una mayor emisión de los mismos, el balance total tiene como resultado la reducción de los GEI en alrededor de 560 000 ton/año.

Cuadro 5.8. Reducciones en gases de efecto invernadero (GEI) debidas a medidas en Transporte y Vialidad.

(El signo (-) significa aumento en las emisiones)

Clave	Medidas Vehículos y Transportes	GEI (ton/año)		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
G8-1-PT1	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina	-21 330		
G7-1-PT2	Reducción contenido de azufre en gasolina 50 ppm			
G4-1-PT3	Mejoramiento continuo del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio	-132 654	228	
G4-2-PT4	Modernización y actualización del programa hoy no circula	297 103	5 752	
G4-3-PT5	Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes. PIREC	-150 484	494	
G4-3-PT6	Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (retrofit)			
G4-5-PT7	Programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes	-177 708	440	
G6-1-PT8	Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad (taxis)	-70 540	555	-3
G6-2-PT9	Sustitución del transporte pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad	-244 287	60	-13
G8-3-PT12	Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel			
G7-2-PT13	Reducción del contenido de azufre en el diesel			
G4-9-PT16	Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel	-4 281	39	
G6-4-PT19	Introducción de vehículos eléctricos	2 131		
G3-1-PT20	Establecimiento de corredores de transporte	-22 832	128	-1
G6-5-PT21	Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado			
G6-6-PT22	Renovación de autobuses (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE)	18 876	17	4
G6-12-PT23	Renovación de la flota de transporte de carga local	-3 887	312	-1
G6-15-PT25	Expansión del metro			
G6-16-PT26	Establecimiento de una red de trenes suburbanos	35 843	33	
G6-17-PT27	Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero			
G6-7-PT28	Localización de taxis en bases			
G6-9-PT30	Fomento del uso de combustibles alternativos en el sistema de transporte público de pasajeros	206 590	-200	237
G3-4-PT36	Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM	812 072		
G3-5-PT37	Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana	6 945	490	0
	<b>Reducciones totales</b>	<b>551 556</b>	<b>8 348</b>	<b>223</b>

En el sector industrial, la medida relacionada con la Renovación Energética de la Industria (Medida 1) aportó una reducción de GEI estimada en más de 73 000 ton/año de CO<sub>2</sub> y la SMA-GDF reporta que la medida del sector servicios relacionada con la "Promoción de energía solar en sustitución de combustibles fósiles" (medida 8) proporciona una reducción de CO<sub>2</sub> de 355 000 ton/año.

# 6

## EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE Y LA SALUD DEL PROAIRE 2002-2010

### 6.1 EVALUACION DE LOS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL AIRE

El objetivo prioritario del PROAIRE 2002-2010 fue la mejora de la calidad del aire en la ZMVM como resultado de la disminución de las concentraciones atmosféricas de los contaminantes criterio, en particular del ozono y  $PM_{10}$ . En este sentido, es necesario reconocer que la calidad del aire ha mejorado en los últimos años y que la tendencia decreciente de los contaminantes, que inició desde la aplicación del PICCA (1990) y el PROAIRE I (1995-2000) se ha mantenido hasta el 2009, lo cual muestra que las medidas instrumentadas en el PROAIRE 2002-2010 han tenido efectos importantes.

Como se mencionó en el capítulo de Metodología, la evaluación de los efectos que ha tenido el PROAIRE 2002-2010 en la calidad del aire, se realiza con base a los indicadores que ha definido el Sistema de Monitoreo Atmosférico y que año con año son publicados, especificando las pruebas estadísticas de acuerdo a los lineamientos de la OCDE.

Por ello se analizan las tendencias de las concentraciones para todos los contaminantes, presentando en la misma gráfica de tendencia los máximos, mínimos y percentiles 90-10 que ha reportado el SIMAT, así como los cambios anuales que han experimentado.

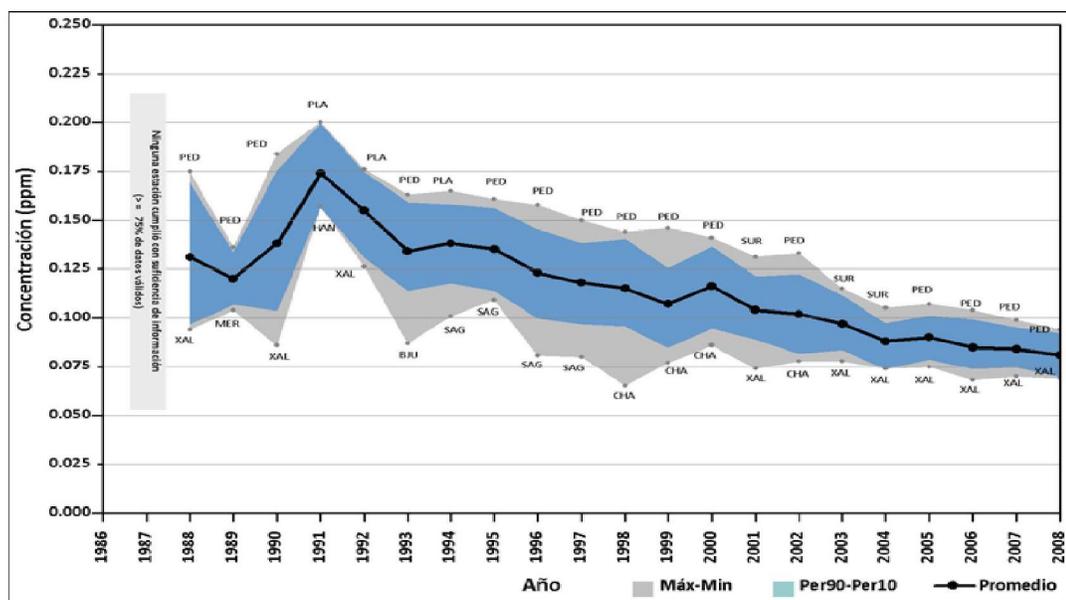
Para el ozono se analizan otros indicadores como son: la concentración máxima anual y el valor máximo de los promedios móviles de 8 horas.

Para las  $PM_{10}$ ,  $NO_2$  y  $SO_2$  se analiza además la presencia de eventos extraordinarios registrados por el SIMAT en las diferentes concentraciones de dichos contaminantes.

En el documento del PROAIRE 2002-2010 se sugirió realizar mediciones adicionales para partículas en diferentes épocas climáticas y determinar la dispersión y absorción de la luz por las partículas (visibilidad) y realizar el análisis de iones, carbón orgánico y elemental, así como determinar la distribución de aerosoles por tamaños. No obstante, dichas mediciones no se realizaron de manera sistemática, aunque se han reportado algunos artículos científicos que presentan resultados en muestreos piloto que serán de gran utilidad en programas posteriores.

## Ozono (O<sub>3</sub>)

La figura 6.1 muestra el indicador de tendencia anual no solo de valores promedio sino de máximos, mínimos y percentiles (90-10) de la concentración de ozono. Se aprecia que en el período 2002-2009 se ha mantenido una tendencia decreciente tanto en promedios como en los registros de valores altos (máximos, percentil 90) como en los valores bajos (percentil 25). La disminución neta es de más del 15%, y una reducción acumulada desde 1989 del 36%.



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=1>.

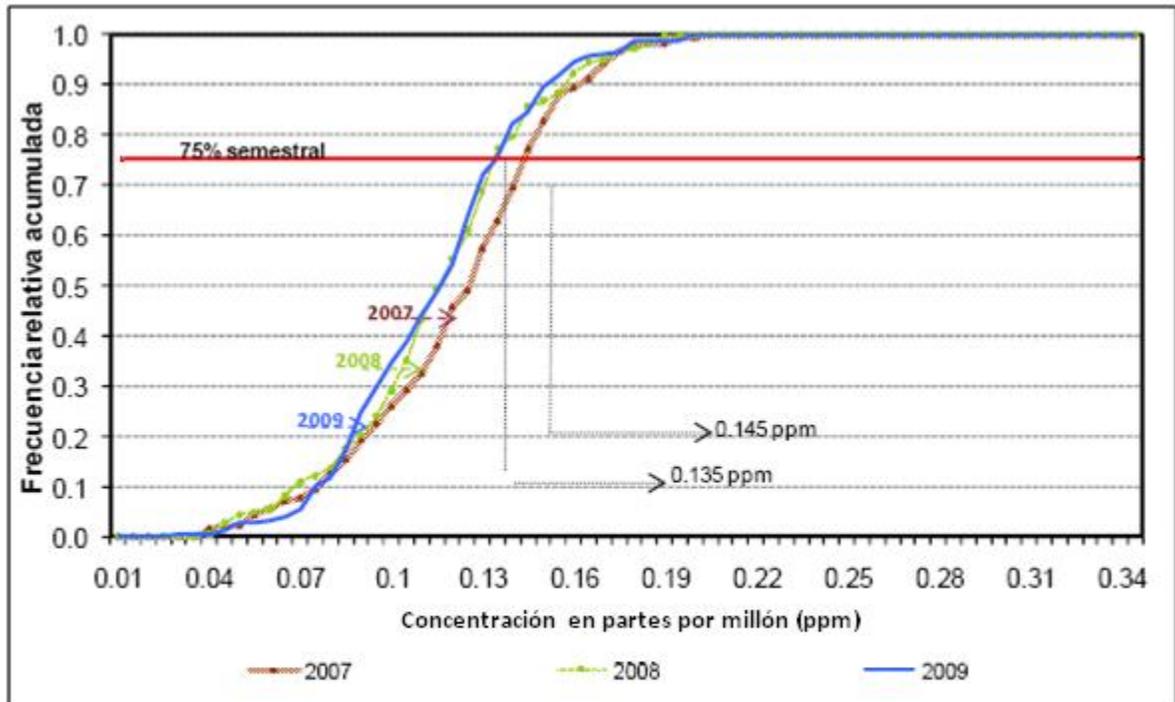
Figura 6.1 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles) de Ozono

Así mismo, para visualizar el comportamiento del indicador de concentraciones máximas de ozono, se presenta en la Figura 6.2 la distribución de frecuencia acumulada del primer trimestre de los últimos tres años de las concentraciones máximas diarias de ozono. En ella se aprecia que en este período del PROAIRE 2002-2010, las concentraciones máximas de O<sub>3</sub> han disminuido en intensidad.

Aunque el ozono sigue siendo el principal problema de contaminación atmosférica en la ZMVN, las tres metas establecidas en el PROAIRE 2002-2010 para este contaminante se alcanzaron, puesto que:

- Se eliminaron las concentraciones de ozono superiores a 200 IMECA (0.233 ppm)
- Se redujo en forma considerable el número de días con concentraciones de ozono entre 101-200 IMECA<sup>3</sup> (Figura 6.3) y han aumentado paulatinamente los días con buena calidad del aire.
- Se incrementó no solamente el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (0.110 ppm, promedio de 1 hora). Se disminuyó de 300 días de excedencia en 2002 a 185 días en 2008, asimismo disminuyó el número de horas con excedencia pasando de 1 297 a 466 horas. Para 2008 el 50% de las concentraciones medidas se encuentran por debajo de 0.118 ppm, muy cercanas al valor límite de la norma de salud.

<sup>3</sup> Con la modificación al algoritmo de cálculo del IMECA de O<sub>3</sub> publicada el 29/11/06, NADF-009-AIRE-2006, este intervalo corresponde a 0.111-0.220 ppm.



Información de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico que presentaron suficiencia de información (75%), es decir, que tuvieron anualmente 75% de registros válidos o que registraron concentraciones máximas que exceden los límites permisibles especificados en las Normas Oficiales Mexicanas Fuente: Secretaría del Medio Ambiente, Dirección General de Gestión de Calidad del Aire. SIMAT, 2009.

Figura 6.2. Distribución de frecuencia de las concentraciones promedio diarias de  $O_3$  en ppm del primer semestre de los años 2007-2009

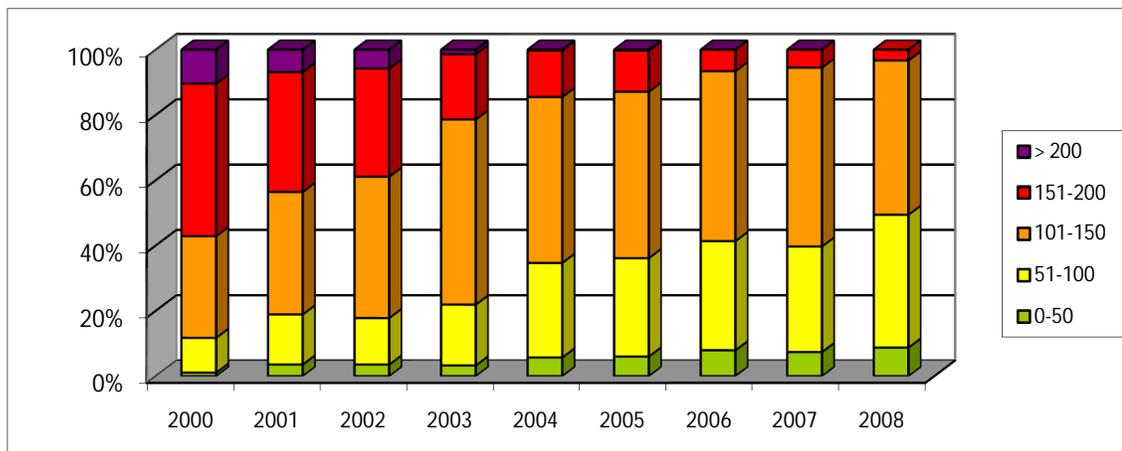


Figura 6.3 Frecuencia de días conforme a la calidad del aire por  $O_3$  en la ZMVM (IMECAS)

En octubre de 2002 se modificó la NOM-020-SSA1-1993 de ozono, en donde se establece un nuevo indicador, el máximo promedio de 8 h anual. La Figura 6.4 muestra las tendencias tanto en el cumplimiento de la norma de 1 h como la del promedio móvil de 8 h. Como se mencionó anteriormente, el número de días con cumplimiento de la norma ha aumentado, sin embargo, no se ha logrado dar cumplimiento a la norma que establece el límite permisible de 0.08 ppm para el quinto máximo (concentración promedio móvil), aunque el número de días sobre norma ha ido aumentando paulatinamente. El valor estimado de la magnitud del cambio anual del decremento de O<sub>3</sub> lo ha realizado el SIMAT a través del indicador "percentil 90". La tasa de cambio para el indicador de O<sub>3</sub> máximo anual fue de 0.0031-0.0094 ppm/año para el período 1990-2007.

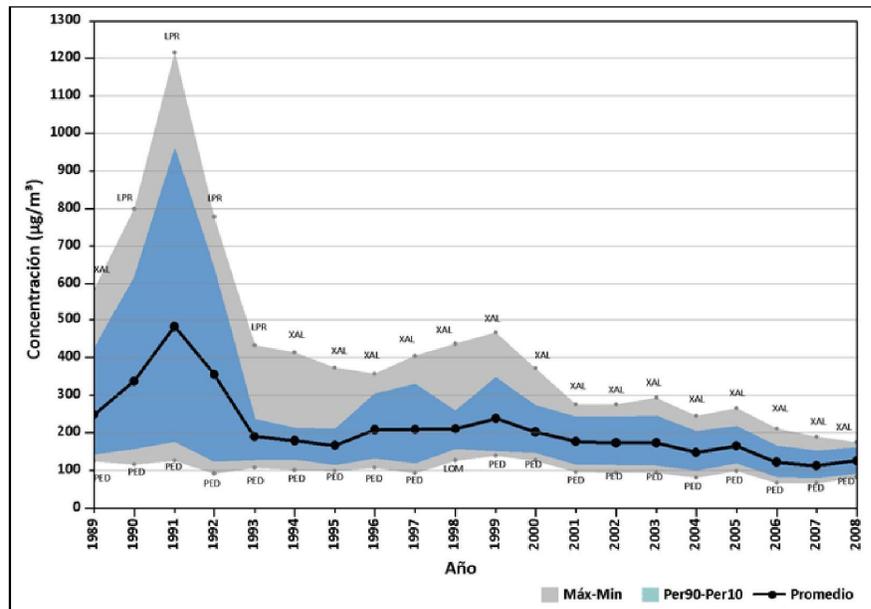


Fuente. Segundo Informe Secretaría de Medio Ambiente D.F. 2008.

Figura 6.4 Evolución de las concentraciones de O<sub>3</sub> en la ZMVM (1990-2008)

### Partículas Suspendidas Totales (PST).

En la figura 6.5 se observa que la tendencia en las concentraciones atmosféricas de las partículas y su variabilidad en todos sus indicadores se han mantenido a la baja con una reducción neta de alrededor del 15% en el período, aunque las reducciones reportadas entre 2002-2010 no son tan altas como las de la década anterior. No obstante que no se establecieron metas específicas para este contaminante. La norma de salud NOM -025-SSA1 se modificó para disminuir el nivel de PST de 260 a 210  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (promedio de 24 horas). La tasa de cambio para las PST (utilizando el indicador percentil 90) fue de 2.6 a 21.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$  para el período 1990-2007.



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=5>.

Figura 6.5 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de PST

### Partículas Menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>).

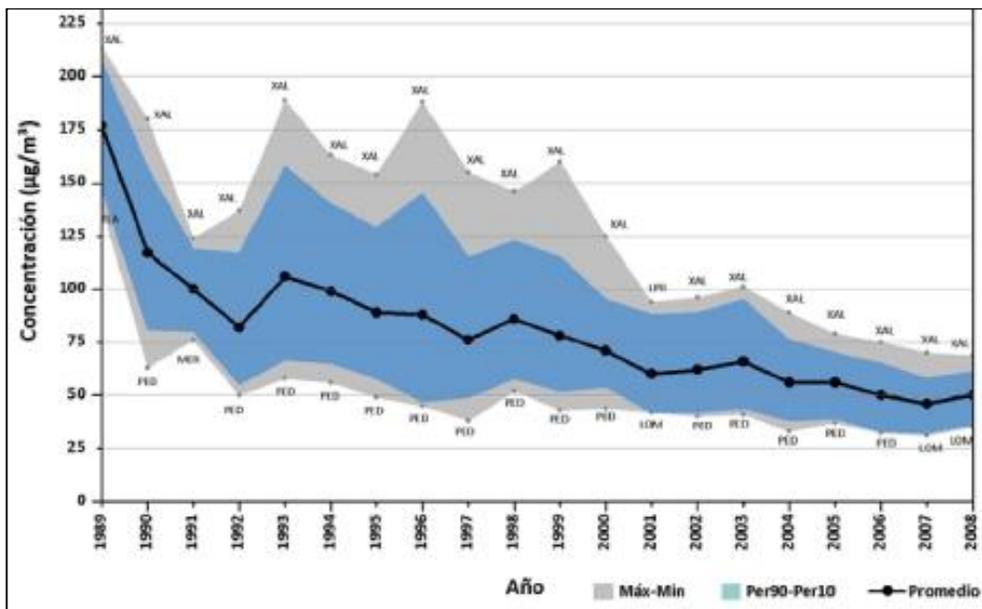
Los objetivos del PROAIRE 2002-2010 establecen aumentar el número de días en que las concentraciones de PM<sub>10</sub> estuviesen dentro de la norma y reducir el promedio anual de las concentraciones de PM<sub>10</sub>. Cuando se publicó el programa, la normatividad contemplaba que la concentración de PM<sub>10</sub> no debía exceder 150 µg/m<sup>3</sup> en periodos de 24 horas y que la concentración promedio anual no debía rebasar los 50 µg/m<sup>3</sup>. En el año 2006 se modificó la norma de 24 horas a 120 µg/m<sup>3</sup>. El objetivo del PROAIRE 2002-2010 se ha cumplido y sigue habiendo una tendencia decreciente en todos los indicadores de este contaminante como se observa en la Figura 6.6. La tasa de cambio para PM<sub>10</sub> (utilizando el indicador percentil 90) fue de 1.9 a 8.8 µg/m<sup>3</sup> /año con método de referencia (manual) y de 1.1-2.7 µg/m<sup>3</sup> /año con método equivalente (automático) para el periodo 1990-2007.

A la fecha, la meta de no rebasar el promedio anual de 50 µg/m<sup>3</sup> se cumple en las estaciones del Distrito Federal, con excepción de la estación Merced, pero en las estaciones del Estado de México los niveles están por encima. Por otra parte, ha disminuido el número de eventos extraordinarios registrados por PM<sub>10</sub> tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México.

La meta de incrementar el número de días con cumplimiento de la norma con el nuevo límite establecido se ha venido alcanzando, ya que en 2002 la norma se excedía el 25% de los días y en 2008 se disminuyó al 4%. Este contaminante reporta una reducción acumulada desde 1989 mayor al 70%. Sin embargo, aunque ha habido una disminución paulatina, todavía se reportan eventos extraordinarios de alta concentración de PM<sub>10</sub> (Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Eventos con incrementos extraordinarios registrados de PM<sub>10</sub>

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Distrito Federal	1	25	27	72	22	19	48	2	22
Estado de México	12	120	56	108	39	50	58	14	44

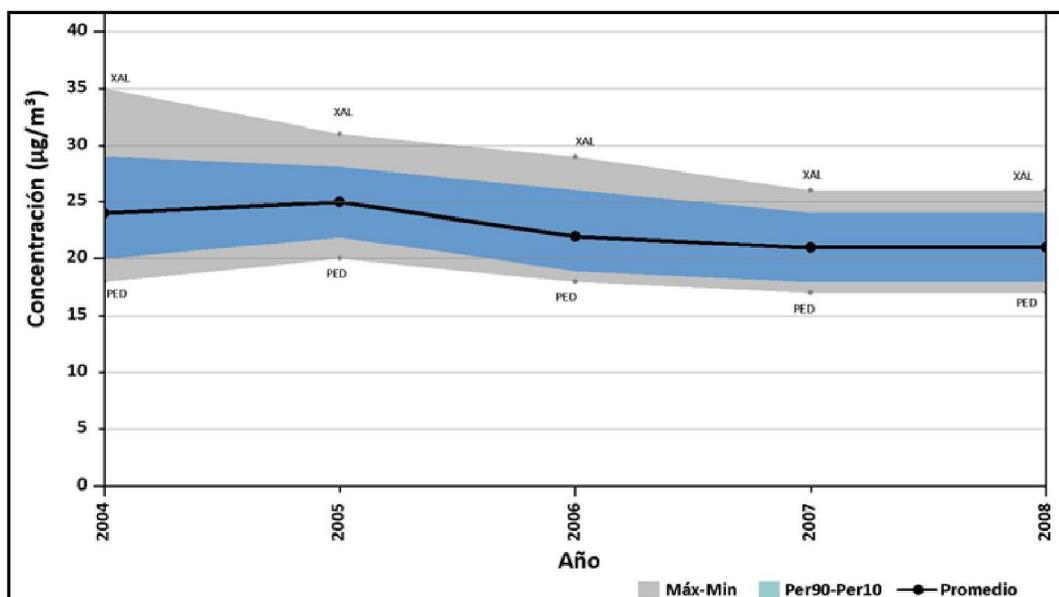


Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=5>.

Figura 6.6 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de PM<sub>10</sub>

### Partículas Menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>).

Tal como se preveía en el documento original del PROAIRE 2002-2010, se implementó la norma para PM<sub>2.5</sub> en 65 µg/m<sup>3</sup> promedio de 24 horas y de 15 µg/m<sup>3</sup> promedio anual. Este contaminante se mide desde el 2004 y se tuvieron series completas de datos en 9 estaciones a partir del año 2005. Este contaminante ha tenido una reducción gradual en todos sus indicadores y para fines del 2009, la norma de 24 horas se cumple todos los días del año, sin embargo, no se ha logrado el objetivo de alcanzar los 15 µg/m<sup>3</sup> de promedio anual (Figura 6.7).



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=5>.

Figura 6.7 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de PM<sub>2.5</sub>

Otro indicador que debiera evaluarse en el caso de las partículas, principalmente  $PM_{2.5}$ , es el relacionado con la visibilidad, sin embargo aun no se tiene la infraestructura para realizar el seguimiento de este parámetro. Actualmente solo se cuenta con una cámara que proporciona a diferentes horas del día una imagen que puede relacionarse con la visibilidad en la ZMVM.

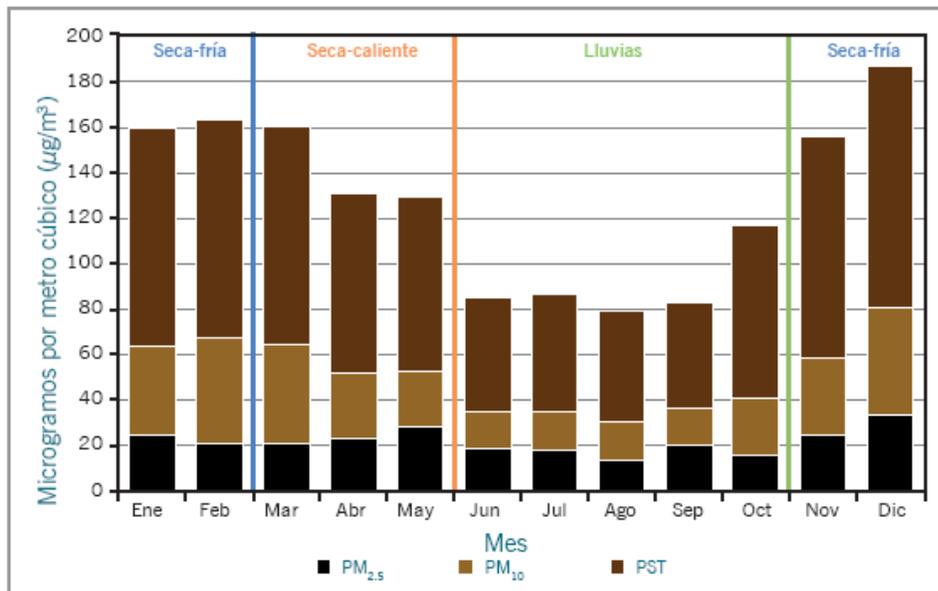
### Plomo en partículas suspendidas totales.

Desde el diseño del PROAIRE 2002-2010, este contaminante está bajo control debido principalmente a que se sustituyeron las gasolinas con contenido de tetraetilo de plomo. Sin embargo, se continua realizando su monitoreo.

Los valores no rebasaron ningún día la norma de  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en promedio trimestral y sigue siendo la estación Xalostoc, ubicada en una zona industrial la que reporta los mayores valores (hasta  $0.112 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Los niveles de plomo presentan una disminución acumulada del 95% desde 1989. La tasa de decremento para el plomo en PST (utilizando el indicador percentil 90) fue de  $0.009$  a  $0.104 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$  y de  $0.0051$ - $0.0925 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{año}$  para  $PM_{10}$  en el período 1990-2007.

### Variación climática de las partículas atmosféricas

Es importante puntualizar que usualmente las concentraciones de CO, NOx y principalmente las partículas, presentan un patrón muy definido dependiendo de la época climática, donde las mayores concentraciones se tienen en la época seca-fría, mientras que en el caso de los COVs y el SO<sub>2</sub> las mayores concentraciones se registran en la época seca-caliente, por lo que las acciones en el futuro deberán reforzarse en la época de secas que es cuando se presentan las concentraciones más elevadas de partículas (Figura 6.8)



Fuente. Informe de la Calidad del aire 2008.SMA-GDF, SIMAT, 2009

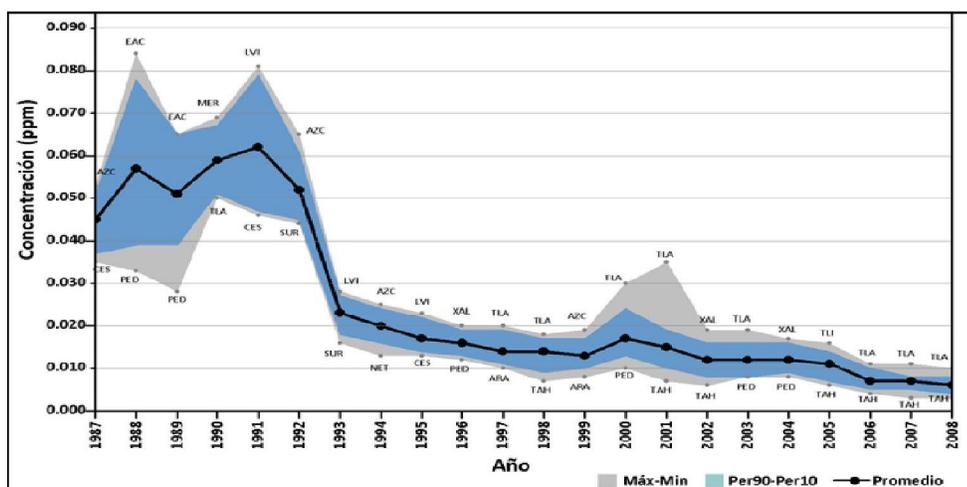
Figura 6.8 Variación estacional de la concentración de partículas en 2008 (PST,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ )



## Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

Las metas del PROAIRE 2002-2010 de reducir las concentraciones promedio diario de bióxido de azufre y reducir la concentración promedio anual (0.03 ppm promedio anual) se alcanzaron desde el año 2003, ya que a partir del mismo no se ha presentado ninguna excedencia en las normas, en parte por la mejora en los combustibles utilizados en la ZMVM de tal manera que la reducción acumulada desde 1989 es mayor al 70% (Figura 6.10).

La tasa de cambio con tendencia decreciente de SO<sub>2</sub> solamente se presentó en 16 estaciones, alcanzando valores de 0.0005-0.002 ppm/año utilizando el indicador de percentil 90 (período 1990-2007). Las estaciones restantes no presentan ninguna tendencia.



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=4>

Figura 6.10 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de SO<sub>2</sub>

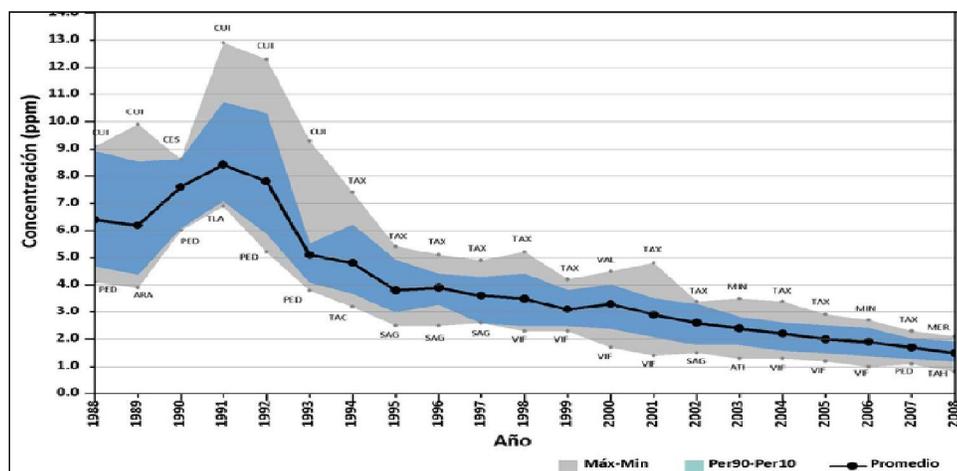
Sin embargo, aunque se han disminuido, no se ha podido eliminar aún la presencia, en forma esporádica, de picos horarios con concentraciones mayores a 0.2 ppm en las zonas industriales, principalmente del Estado de México (Cuadro 6.3).

Cuadro 6.3. Eventos con incrementos extraordinarios registrados de SO<sub>2</sub>

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Distrito Federal	0	8	6	7	7	10	3	1	0
Estado de México	12	85	27	15	34	57	16	15	11

## Monóxido de carbono (CO).

La tendencia decreciente en todos los indicadores de este contaminante se observan en la Figura 6.11 sin que se rebase la norma (11 ppm, promedio 8 horas) desde 2002 a la fecha, alcanzándose una reducción neta en el período de alrededor del 40% y una reducción acumulada desde 1989 superior al 70%. La tasa de cambio decreciente entre 1990-2007 ha sido de 0.132-140 ppm/año (percentil 90).



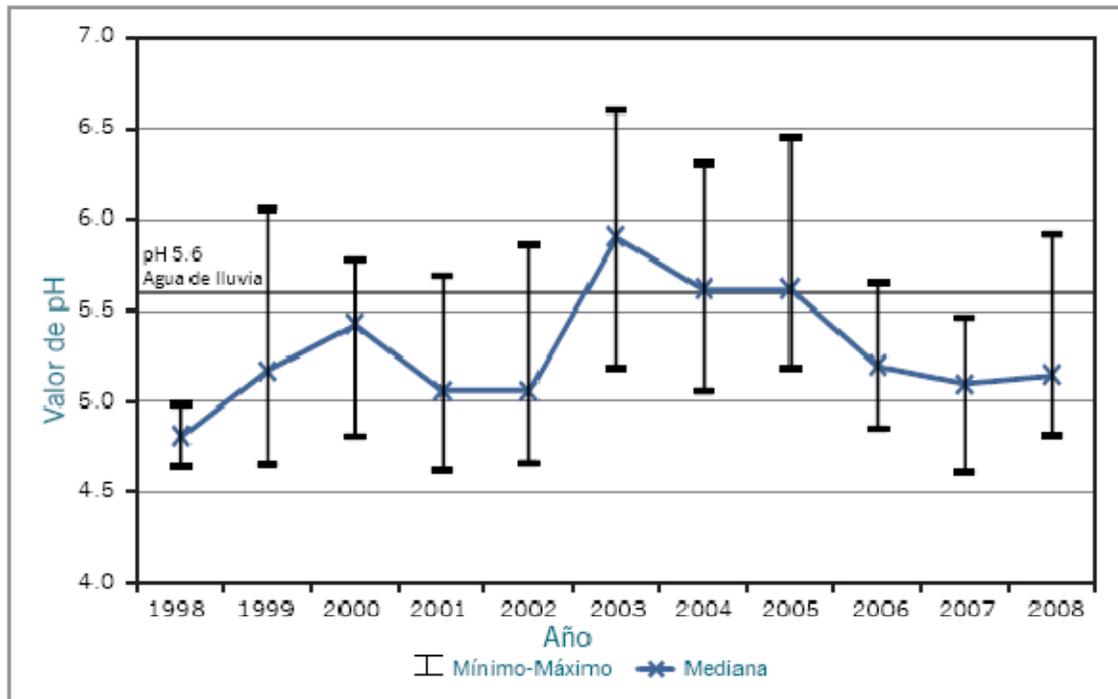
Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=3>

Figura 6.11 Tendencia anual en las concentraciones (promedio y percentiles 90 y 10) de CO

## Lluvia ácida

El PROAIRE 2002-2010, no estableció metas ni objetivos relacionados con la presencia de lluvia ácida, la cual se forma en el aire por la presencia de humedad, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno. Sin embargo, desde 2003, la región que es impactada por la lluvia ácida se ha incrementado gradualmente, ya que sólo 4 de 16 estaciones reportaron un promedio ponderado de pH menor a 5.6. En 2004 y 2005 se duplicó el número de estaciones y para los años 2006 y 2007 todas las estaciones reportaron la presencia de lluvia ácida. En 2008 solo la estación de Xalostoc (XAL) registró un valor promedio de pH mayor a 5.6.

Aunque la lluvia ácida no tiene un impacto directo en la salud de los habitantes, sí lo produce en los materiales y el medio ambiente, principalmente en los cuerpos de agua y el suelo, el cual puede disminuir su fertilidad y afectar gravemente las zonas forestales, agrícolas y de conservación con un impacto generalizado a los hábitats de dichas zonas. La Figura 6.12 muestra la tendencia de la acidez de la lluvia en los últimos años, donde se observa un aumento de acidez a partir del año 2003. En 2006 se alcanzan los valores anteriores a 2002, debido a la presencia de sulfatos y nitratos formados en la atmósfera a partir del dióxido de azufre y del dióxido de nitrógeno.



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo>

Figura 6.12 Tendencia anual del pH de lluvia en la ZMVM (valores menores a 5.6 indican presencia de lluvia ácida)

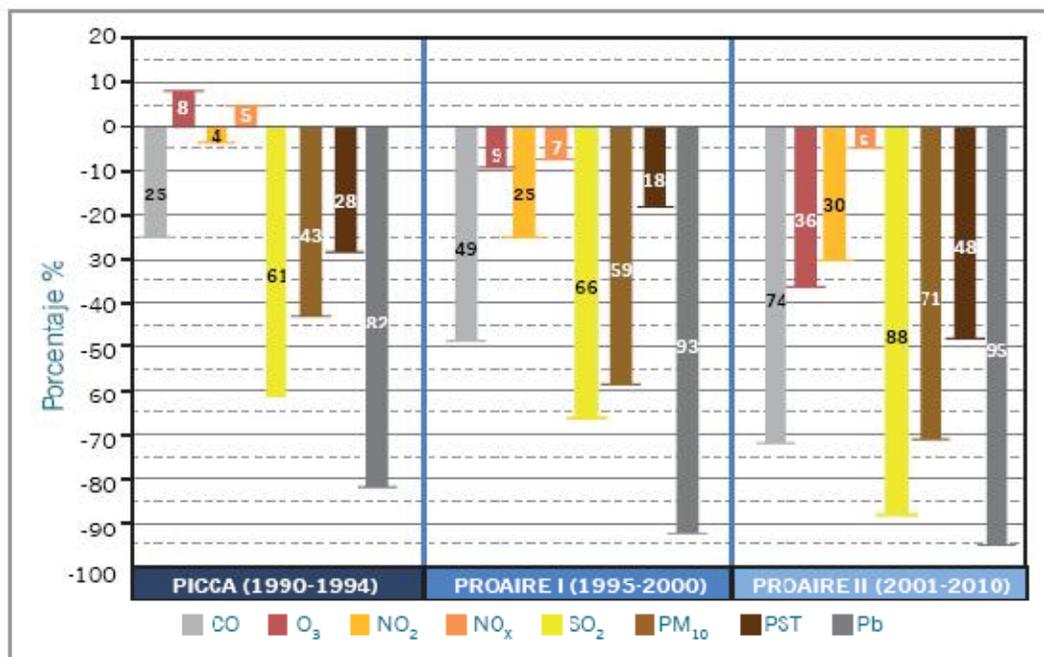
## Conclusiones y Recomendaciones

En lo que respecta a la calidad del aire, se alcanzaron la mayoría de las metas previstas en el PROAIRE 2002-2010. En la Figura 6.13 se muestra el porcentaje de reducciones que se alcanzó por cada uno de los programas de calidad del aire.

Los niveles de las concentraciones de CO, y SO<sub>2</sub>, han alcanzado niveles relativamente seguros para la población con reducciones netas mayores al 70% que en 1989. Por ello, sería adecuado estudiar la posibilidad de recomendar valores más estrictos en las normas correspondientes y alcanzar una mayor certidumbre en cuanto a la protección de la salud. Respecto a los NO<sub>x</sub>, la disminución ha sido del 5% mientras que para el NO<sub>2</sub> se han alcanzado reducciones de 30%. Actualmente no se excede la norma ningún día del año. Habrá que eliminar por completo los picos extraordinarios de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> que se registran usualmente por el uso indebido de combustibles inadecuados.

Queda como reto para un siguiente programa el cumplimiento total de las normas para los tres tamaños de partículas, tanto en su promedio diario como anual, por lo que deberán instrumentarse medidas dirigidas a este objetivo. Por otra parte, aunque se ha logrado una reducción neta de hasta el 36% de ozono desde 1989, el que se excedan las normas de ozono (tanto la horaria como la de 8 horas) sigue siendo el mayor reto a resolver dentro del problema de contaminación atmosférica en la ZMVM. Para lograr la reducción en la presencia de este contaminante en la atmósfera será necesario instrumentar medidas más contundentes para el control de la emisión de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, por lo que el sector transporte, industrial y energético serán los principales objetivos en la instrumentación de medidas.

El repunte en la acidez de la lluvia en la ZMVM preocupa, no solamente por el daño que causa en el suelo agrícola y de conservación, sino porque el incremento en la lluvia ácida produce un aumento en la pérdida del patrimonio histórico de la ZMVM, y representa un costo importante en la degradación de los materiales expuestos a este fenómeno. Por ello, es importante que los programas futuros incluyan medidas para controlar estos eventos.



Fuente. Informe de la calidad del Aire. SMA-GDF. 2009.

Figura 6.13 Impacto de los Programas de Calidad del Aire en la reducción de contaminantes (1990-2008)

## 6.2 EVALUACION DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE SALUD

El cuadro 6.4 muestra el número y porcentaje de días en que se rebasa la norma de cada uno de los contaminantes criterio; es posible observar, como se mencionó en la sección anterior, que se ha alcanzado el cumplimiento de la norma en la mayoría de los contaminantes criterio con excepción de las PM<sub>10</sub> que aún exceden la norma el 7% de los días y el ozono que aunque ha tenido una reducción gradual, excede la norma de protección a la salud más del 50% de los días al año.

Cuadro 6.4 Excedencia de las normas de calidad del aire para contaminantes criterio

Contaminante Año	O <sub>3</sub>		PM <sub>10</sub> *		CO		SO <sub>2</sub>		NO <sub>2</sub>		Pb°		PM <sub>2.5</sub> *	
	días	%	días	%	días	%	días	%	días	%	días	%	días	%
1990	336	93	49	86	212	59.6	11	3.1	32	9.2	4	100		
1991	341	97	27	59	270	78.5	9	2.6	15	4.9	2	50		
1992	332	91	34	60	238	68.6	36	10.8	8	2.5	1	25		
1993	324	89	48	80	112	32.0	0	0	30	8.7	0	0		
1994	344	94	47	78	27	7.4	0	0	27	7.4	0	0		
1995	324	89	42	69	8	2.2	0	0	34	9.3	0	0		
1996	327	89	46	79	8	2.2	1	0.3	84	23.0	0	0		
1997	322	88	39	64	1	0.3	0	0	38	10.4	0	0		
1998	320	88	43	70	6	1.6	0	0	30	8.2	0	0		
1999	300	82	46	75	2	0.5	0	0	18	4.9	0	0		
2000	323	88	28	46	2	0.5	1	0.3	23	6.3	0	0		
2001	296	81	21	34	0	0	8	2.2	1	0.3	0	0		
2002	300	82	15	25	0	0	1	0.3	0	0	0	0		
2003	285	78	22	38	0	0	0	0	6	1.6	0	0	D/I	D/I
2004	239	65	10	16	0	0	0	0	3	0.8	0	0	0	0
2005	233	64	4	7	0	0	0	0	3	0.8	0	0	2	3
2006	214	59	12	20	0	0	0	0	1	0.3	0	0	1	2
2007	220	60	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	185	51	4	7	0	0	0	0	0	0	N/D	N/D	0	0

\*El porcentaje de días que se rebasa la norma de PM<sub>10</sub>, es con base al total de días muestreados (cada seis días).

° Número y porcentaje de trimestres en que se rebasa la norma de Pb

N/D- No determinados. D/I - Datos Insuficientes

Fuente: Sistema de Monitoreo Atmosférico, SMA-GDF, 2009.

Durante el período del PROAIRE 2002-2010, el programa que activa las medidas restrictivas en los sectores generadores de emisiones para reducir los niveles elevados de contaminación del aire, fue activado por la CAM tres veces en la Fase I, en 2002 por el valor de 242 de ozono, y en 2003 y 2005 por valores de 176 y 181 IMECAS de PM<sub>10</sub>. Sin embargo, la Fase de Precontingencia se activó 10 veces en el 2002 y 2 veces en 2003 por valores de ozono entre 202 y 232 IMECAS y 2 veces en el 2003 por valores de PM<sub>10</sub> de 161 y 164 IMECAS (Cuadro 6.5). La aplicación de las medidas adoptadas en el PROAIRE 2002-2010 dio como resultado la disminución de los niveles de ozono; en 2004 y 2005 no se activó el programa, y se establecieron nuevos valores de activación de contingencia para ozono. En el 2006 hubo

dos eventos de precontingencia por  $PM_{10}$  y en el 2007 y 2008 con los nuevos valores aplicados para ozono se ha activado la precontingencia 5 veces por valores de ozono de 172-185 IMECAS. Las zonas con más afectación por ozono son la suroeste y noroeste, mientras que para partículas es la noreste.

Cuadro 6.5 Aplicación de las Fases I y Precontingencia Atmosféricas declaradas por la CAM de 2001 a 2008

FASE ACTIVADA	O <sub>3</sub>				PM <sub>10</sub>			
	IMECA	Fecha	Zona	Estación	IMECA	Fecha	Zona	Estación
Fase I Contingencia	242	18 Sep 2002	SO	PED				
Fase I Contingencia					176	25 Dic 2003	NE	XAL
Fase I Contingencia					181	01 Ene 2005	NE	VIF
Precontingencia	219	16 Ene 2002	SO	PED				
Precontingencia	209	15 Feb 2002	SO	PED				
Precontingencia	204	15 Mar 2002	NO	TAC				
Precontingencia	208	02 Abr 2002	SO	PLA				
Precontingencia	207	20 Abr 2002	SO	PLA				
Precontingencia	202	22 Abr 2002	NO	AZC				
Precontingencia	210	22 Abr 2002	SO	PED				
Precontingencia	232	18 Sep 2002	SO	PED				
Precontingencia	202	23 Oct 2002	SO	PED				
Precontingencia	212	21 Dic 2002	NO	EAC				
Precontingencia					161	1 Ene 2003	NE	XAL
Precontingencia	209	3 Abr 2003	NO	AZC				
Precontingencia	204	10 May 2003	SO	SUR				
Precontingencia					164	25 Dic 2003	NE	XAL
Precontingencia					169	1 Ene 2006	NE	VIF
Precontingencia					167	16 Mar 2006	NE	SAG
Precontingencia*	185	14 Abr 2007	SO	PED				
Precontingencia	172	23 Jun 2007	SO	COY				
Precontingencia	184	27 Jul 2007	SO	TPN				
Precontingencia	172	8 Abr 2008	NO	EAC				
Precontingencia	172	10 May 2008	SO	COY				

\* A partir de 2006 ozono la activación para de Fase I se modificó de 241 a 201 IMECAS

Fuente. Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2008.

Aunque en los últimos años los valores de IMECA para la activación de las fases I y II de contingencias ambientales ha disminuido, en julio de 2008, la CAM realizó una nueva modificación al PCAA, estableciendo que, para el caso del ozono, los niveles de activación de cada fase se reduzcan gradualmente cinco puntos IMECA cada año, hasta el 2011, teniendo como meta que para dicho año se active la precontingencia ambiental cuando alguno de los contaminantes (ozono o  $PM_{10}$ ) rebase los 150 IMECAS.

Como se aprecia en el Cuadro 6.6, las medidas implementadas durante el PROAIRE 2002-2010 se han traducido en la disminución de contingencias ambientales, lo que a su vez ha permitido aplicar valores más estrictos para la activación de las fases de precontingencia y contingencia ambiental.

Cuadro 6.6 Comparación de contingencias ambientales antes y durante el PROAIRE 2002-2010

PERÍODOS	PRECONTINGENCIA		CONTINGENCIA FASE I		CONTINGENCIA FASE II	
	Ozono	PM <sub>10</sub>	Ozono	PM <sub>10</sub>	Ozono	PM <sub>10</sub>
1991-1995 (PICCA)*	761	24	24	NA	6	NA
1996-2000 (PROAIRE I)**	298	13	13	7	0	0
2001	14	0	0	0	0	0
2002-2008 (PROAIRE 2002-2010)***	17	4	1	2	0	0

Fuente. Informe SMA-GDF 2007 y Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2008

NA No aplica.

\* De 1990 a 1997 los datos de precontingencia se obtuvieron del número de días con 201-250 IMECAS de O<sub>3</sub>. De 1990 a mayo de 1998 la Fase I de O<sub>3</sub> se aplicaba a partir de 251 IMECAS y la Fase II para O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> con 301 y 251 IMECAS respectivamente

\*\*De mayo 1998 al 18 de agosto de 2006 se aplicaba la Fase I para O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> a partir de 241 y 176 IMECAS

\*\*\*De agosto 2006 a julio 2008 la Fase I para O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> se aplica a partir de 201 y 176 IMECAS respectivamente

A partir del 1 de julio de 2008 la precontingencia se aplica para O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> a partir de 165 y 160 IMECAS respectivamente, la contingencia Fase I a partir de 195 y 175 IMECAS respectivamente y la Fase II a partir de 245 IMECAS para O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub>.

## Ozono

La intensidad de las concentraciones de ozono durante el período 202-2010 ha disminuido en forma importante. Para el año 2002 se reportaban 300 días en que se excedía la norma para el ozono y en 2008 este valor descendió a 185 días y el ozono muestra un decremento en las concentraciones máximas, asimismo, es importante mencionar que, el número de días de activación de contingencias y precontingencias (Cuadro 5.2 y 5.3) disminuyó durante el desarrollo del programa, a pesar de que en los últimos años los valores de IMECA de activación de la fase I y II de contingencias ambientales para ozono y PM<sub>10</sub> son más estrictos.

Sin embargo, en el 2008 todas las estaciones de monitoreo superaron tanto el indicador de 1 hora como el de 8 horas, siendo los habitantes del poniente y suroeste los más afectados. Así mismo, los mayores riesgos para la población se presentan los meses de marzo a mayo, que es la temporada que históricamente ha presentado los niveles más altos de ozono.

Considerando que 9.5 millones de habitantes (61%) de los 15.7 millones de habitantes que se encuentran dentro de la cobertura de la red de monitoreo, habitan en zonas donde la concentración de ozono excede la norma más de 100 horas al año, se recomienda establecer objetivos más ambiciosos en la disminución de las concentraciones de los precursores del ozono, es decir de hidrocarburos y NO<sub>x</sub>, para a su vez reducir el número de días y horas en que se rebasa la norma de ozono, esto con el fin de proteger la salud de la población, principalmente de aquellos que habitan la zona suroeste de la ZMVM. Es importante seguir realizando estudios para evaluar el riesgo por exposición a este contaminante, en particular en niños y ancianos.

## Partículas suspendidas.

En general se han mantenido a la baja las concentraciones de partículas suspendidas, aunque en el último año se reporta un ligero incremento en los niveles de los tres tamaños de partículas en comparación con el 2007. En el 2008, en ninguna de las estaciones de monitoreo se logró el cumplimiento de la norma para PST al reportar valores mayores a 210 µg/m<sup>3</sup> para el percentil 98.

El objetivo de incrementar el número de días con cumplimiento de la norma para PM<sub>10</sub>, a pesar del nuevo límite establecido, se alcanzó en el año 2008 en todo el D.F. y solamente dos estaciones Xalostoc y Nezahualcóyotl rebasaron la norma con valores de 134 µg/m<sup>3</sup> y de 127 µg/m<sup>3</sup> para el percentil 98, respectivamente. Estas estaciones ubicadas al Noreste y Oriente de la Ciudad se encuentran cerca de

vialidades primarias muy transitadas, además la estación Nezhualcóyotl está cerca del Bordo Poniente y recibe la influencia de las tolvaneras provenientes del suelo erosionado del Ex Lago de Texcoco ubicado al oriente de la ZMVM. Esta situación adquiere particular importancia puesto que en el noreste de la ZMVM se concentra la mayor parte de la población infantil, De acuerdo al SIMAT, el 57% de la población de la ZMVM se expone a concentraciones entre 1 y 2 veces el valor de la norma para el indicador de exposición crónica de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

En cuanto a las  $\text{PM}_{2.5}$ , durante el 2008 en ningún sitio se reportaron valores superiores al límite establecido por la NOM para el indicador de 24 horas de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para el percentil 98. Sin embargo, en todas las estaciones se excedió el valor del promedio anual de la NOM de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el valor máximo se registró en la estación Xalostoc con  $26.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Es importante publicar la norma para los métodos de medición de las  $\text{PM}_{2.5}$ , así como los valores de IMECA.

#### Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ).

Las concentraciones de  $\text{NO}_2$  durante el período del programa se han mantenido con un ligero decrecimiento, entre 2002 y 2006 la norma se excedió 13 veces y para el 2007 y 2008 se cumplió la norma al 100%. La concentración más alta se registró en la estación Tacuba, con 0.183 ppm, seguida de Merced con 0.174 ppm y Azcapotzalco con 0.170 ppm.

Históricamente el noreste registra las concentraciones más altas del contaminante, probablemente porque las estaciones de esta zona reciben el impacto de las emisiones de la termoeléctrica localizada viento arriba en el municipio de Acolman, Estado de México, asimismo la zona norte es la región con un mayor número de industrias.

#### Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ).

Este contaminante se mantuvo al 100% del cumplimiento de las normas de 0.13 ppm (promedio de 24 horas) y de 0.03 ppm (promedio anual), durante todo el período de evaluación. Los valores máximos se registran usualmente al norte y noroeste de la ZMVM. Sin embargo, se registran eventos frecuentes de corta duración con concentraciones de  $\text{SO}_2$  mayores a 0.2 ppm de forma irregular a lo largo del año usualmente durante la noche y la madrugada asociados a vientos del norte y noreste, bajas temperaturas e inversiones térmicas, que aunque no afectan el promedio diario para el cumplimiento de la norma, podrían provocar impactos a la salud en personas sensibles. La población más expuesta se encuentra en los municipios conurbados del norte de la Ciudad de México, en donde se concentra el mayor número de industrias, y en el centro de la ciudad, en donde confluyen gran parte de las vialidades.

#### Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).

El cumplimiento de la norma de 11 ppm (promedio móvil de 8 horas) de este contaminante no ha sido rebasada desde el 2001, e incluso las concentraciones más altas registradas en el 2008 en zonas con alto tránsito vehicular alcanzan un máximo de 5.6 ppm en la estación Merced. Se recomienda establecer un valor más estricto de la norma a 9 ppm, como en otros países.

Aunque en esta sección se presentaron las tendencias promedio del comportamiento de los contaminantes criterio, es importante subrayar que las concentraciones de los mismos difieren por zonas geográficas por lo que se requiere realizar estudios que permitan implementar medidas de forma local para disminuir los niveles de contaminación en zonas específicas. Por ejemplo en el sur y suroeste se presentan las mayores concentraciones de ozono, mientras que en el norte las mayores concentraciones de partículas.

## Conclusiones y Recomendaciones

En la última década, los niveles de concentración atmosférica del CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y plomo se han reducido en forma gradual, de manera que se han logrado mantener por debajo de las recomendadas por las normas de salud. Por ello es importante evaluar la posible disminución de los valores de las normas de estos contaminantes con el fin de tener una mayor certidumbre de la protección a la salud de la población.

En el caso de las partículas, aunque el cumplimiento en las normas de promedio de 24 horas es cada vez mayor, resulta necesario cumplir con los promedios anuales recomendados para los tres tamaños de partículas, por lo que tendrán que implementarse medidas más agresivas en el control de partículas. En cuanto al ozono, a pesar de que se han reducido sustancialmente los picos y se ha incrementado el cumplimiento de la norma horaria y de 8 horas, es necesario continuar implementando medidas de reducción de emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno y consecuentemente lograr disminuir las concentraciones diarias de ozono.

En el norte y noreste se siguen presentando altos niveles de partículas por lo que se recomienda establecer medidas locales para reducir la exposición de la población a este contaminante.

## 6.3 BENEFICIOS A LA SALUD

La asociación existente entre la concentración de contaminantes tales como el ozono y las PM<sub>10</sub> y los diversos síntomas de enfermedad respiratoria y/o cardiovascular, así como con la mortalidad, ha sido reportada en los últimos 25 años en múltiples publicaciones y reportes.

Entre algunos de estos estudios relacionados con partículas suspendidas, se encuentran el de Romieu *et al.* (1996) que describe la afectación de niños con asma provocados por exposiciones promedio de PM<sub>10</sub> de 167 µg/m<sup>3</sup> en comparación con niños que se exponen a una concentración promedio de 54.2 µg/m<sup>3</sup>. Borja-Aburto *et al.* (1997) reportan un incremento en la mortalidad total de 6% por cada incremento de 100 µg/m<sup>3</sup> en la concentración de partículas suspendidas totales. Loomis *et al.* (1999) reportan un incremento en el riesgo de la mortalidad infantil del 18.2% por cada incremento de 25 µg/m<sup>3</sup> en la concentración de partículas finas. La organización mundial de la salud ha reportado relaciones con la mortalidad (WHO, 2001), Cicero *et al.* (2001) estiman que el riesgo de morir prematuramente se incrementa en 1.48% por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> en la concentración ambiental de PM<sub>10</sub>, y también existen reportes que asocian la mortalidad infantil con partículas (APHEIS 2002).

Entre los artículos relacionados con la exposición a ozono, Bell *et al.* (2004) reportan un incremento del 0.52% en la mortalidad diaria por cada incremento de 10 ppb (0.010 ppm) de ozono en la concentración promedio de la semana previa, en 95 ciudades de los Estados Unidos, mientras que Ito *et al.* (2005) analizaron los resultados de diversos estudios alrededor del mundo publicados entre 1990-2003 y reportan un incremento en la mortalidad de 0.39% por cada incremento de 10 ppb de ozono en la concentración horaria máxima. Un estudio publicado por Bell M. *et al.* (2006) reporta los beneficios en salud que pueden obtenerse en tres ciudades latinoamericanas entre las que se encuentra la ZMVM (en un período de 20 años 2000-2020), y se concluye que es posible evitar en dicho período alrededor de 156 000 muertes, 4 millones de ataques de asma, 300 000 visitas médicas de niños y 48 000 casos de bronquitis crónica en las tres ciudades con un impacto económico de 21 a 165 millones de dólares, de llevarse a cabo las políticas públicas adecuadas para disminuir la contaminación atmosférica generada por PM<sub>10</sub> y ozono. Finalmente, un estudio realizado sobre la disminución de la contaminación ambiental en ciudades americanas entre los años 80 y 90 estimó un aumento en la esperanza de vida de su población en aproximadamente 5 meses. (Pope *et al.* 2009). Sin embargo, la evaluación de los efectos en la morbilidad y mortalidad de los contaminantes atmosféricos debe realizarse con metodologías precisas que disminuyan la incertidumbre en los resultados obtenidos, para que dichos resultados puedan sentar las bases de diferentes políticas públicas.

Con la finalidad de contar con un estudio que permitiera evaluar el impacto en salud (mortalidad) asociado a la reducción de los niveles de concentración de aire actuales en la población de la ZMVM, en particular por la contaminación por ozono y PM<sub>10</sub>, el Gobierno del Distrito Federal, solicitó al Instituto Nacional de Salud Pública el desarrollo del estudio denominado "Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México". Dicho estudio realizado entre el 2006 y el 2009, detalla la metodología seguida para la estimación de la exposición de la población y sus incertidumbres, así como la delimitación del espacio geográfico de trabajo, en que se consideraron las 16 delegaciones del Distrito Federal y 33 municipios del Estado de México. Este proyecto, además de analizar diferentes escenarios a futuro, estima las muertes evitadas por las reducciones de O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> ocurridas entre el año 1997 y 2005 como consecuencia de las acciones llevadas a cabo en la ZMVM durante el PICCA, el PROAIRE I y el PROAIRE 2002-2010.

En este estudio realizado por el Instituto Nacional de Salud Pública, se determinó la exposición de la población a PM<sub>10</sub> y ozono, se seleccionaron los eventos en salud, se determinó la frecuencia en la

población de algunos problemas de salud, se determinó la asociación cuantitativa entre la exposición y el efecto en la salud a través de la selección de funciones de concentración respuesta (CFR), se seleccionaron diferentes escenarios comparativos, se estimó la mortalidad y morbilidad evitada de acuerdo a los diferentes escenarios planteados, y se realizó un análisis de la incertidumbre de los resultados.

Se utilizaron las bases de datos del sitio web del SIMAT que utilizó el Proyecto ESCALA cuyo último año incluido es el 2005 y que validó los datos de acuerdo a lo que establece la norma respectiva de cada contaminante. Las funciones de concentración respuesta (FCR) corresponden a los riesgos relativos encontrados en estudios epidemiológicos que asocian contaminación del aire a efectos en la salud. Se incluyeron las FCRs provenientes del proyecto ESCALA que determina el efecto de PM<sub>10</sub> y ozono sobre la mortalidad en residentes de la ZMVM, y otras FCRs obtenidas a partir de otros estudios.

El cuadro 6.7 presenta los resultados de las estimaciones de número de muerte evitadas por reducciones de ozono entre 1997-2005 y el cuadro 6.8 presenta las estimaciones del número de muertes evitadas por PM<sub>10</sub> entre 1997-2005. En los años que no se incluyen en el cuadro, no hubo muertes evitadas puesto que las concentraciones no tuvieron variación.

Con base a estos resultados se observa que considerando solamente los años 2002-2003 y 2003-2004, que se encuentran dentro del período del PROAIRE 2002-2010, el número de muertes evitadas en la ZMVM utilizando el estimador FTR de ESCALA, atribuibles a las medidas realizadas para disminuir los niveles de concentración de ozono y PM<sub>10</sub> fue de 283 por las reducciones en ozono y de 388 por las reducciones en PM<sub>10</sub>. Cabe mencionar que el estudio realizó estas estimaciones en 1 zona del Distrito Federal y 4 zonas distintas del Estado de México.

Cuadro 6.7 Muertes evitadas por disminución de ozono

Período	Muertes evitadas	Intervalos de confianza 95%
1997-1998	57	32-81
1998-1999	142	80-203
2000-2001	255	143-366
2001-2002	57	32-81
2002-2003	28	16-41
2003-2004	255	143-366
<b>Total 1997-2005</b>	<b>794</b>	

Fuente: Riojas et al., 2009

Cuadro 6.8 Muertes evitadas por disminución de PM<sub>10</sub>

Período	Muertes evitadas	Intervalos de confianza 95%
1998-1999	1410	1043-1776
2000-2001	65	48-82
2001-2002	65	48-82
2002-2003	65	48-82
2003-2004	323	238-407
<b>Total 1997-2005</b>	<b>1928</b>	

Fuente: Riojas et al., 2009

En el estudio mencionado no se consideraron los eventos en salud tales como el incremento de enfermedades respiratorias agudas de las vías superiores puesto que en muchos casos no hubo

hospitalización o no quedan registrados los eventos. Sin embargo, el número de estos eventos también disminuiría al mejorar la calidad del aire.

Por otra parte, las estimaciones a futuro, considerando un escenario de reducción de los promedios anuales de concentración de los promedios máximos móviles de 8 horas de ozono y utilizando el estimador de ESCALA se evitarían en la ZMVM cerca de 300 muertes al año.

Así mismo se estimó, que si se cumpliera la normatividad actual de  $PM_{10}$  de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual, se podrían evitar 397 muertes en la ZMVM utilizando los estimadores de ESCALA. Si se cumpliera la normatividad europea de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se evitarían 1030 muertes en total. Finalmente, si se adoptara la normatividad OMS y EPA de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se evitarían 2 306 muertes.

No se contó con la información relacionada a admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, ni de las salas de emergencia. Tampoco se contó con información estadística de niños asmáticos o con tos crónica, ni se han publicado estudios que contemplen la pérdida de productividad por enfermedad o cuidados maternos.

## Conclusiones y Recomendaciones

La investigación realizada por el Instituto Nacional de Salud Pública sobre los beneficios que ha representado la implementación de programas de calidad del aire, muestra solamente los resultados de 2 de los 8 años transcurridos durante el PROAIRE 2002-2010, en que se evitaron 671 muertes por las reducciones en  $PM_{10}$  y ozono, por lo que se puede suponer que el número de muertes evitadas en el periodo es mucho mayor considerando que faltan 6 años de estimaciones, lo cual representa una importantísima razón para promover y lograr el cumplimiento de la normatividad.

Por otra parte, el número de muertes evitadas cuando se disminuye y se cumple el valor de la norma de  $PM_{10}$  no se incrementa en forma lineal ya que una reducción adicional de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de la norma actual evitaría 2.6 veces más de muertes.

Considerando que el objetivo principal de un Programa de calidad del Aire es la protección de la salud de los habitantes, se recomienda que los gobiernos locales delegacionales y municipales se coordinen con el sector salud de su zona para que los registros médicos contengan la información necesaria y se realice validación de los datos, ya que muchos de ellos resultan con frecuencia inservibles para la realización de estudios epidemiológicos.

Incrementar las bases de datos sobre admisiones hospitalarias y mortalidad por causas asociadas a la contaminación atmosférica, bien documentadas y suficientemente sólidas que incluyan las AGEB de los pacientes para realizar análisis de exposición.

Realizar evaluaciones de impacto a la salud en forma periódica, particularmente para  $PM_{2.5}$  y fortalecer el sistema de vigilancia en salud. Realizar estudios costo-beneficio por pérdida de días laborables, baja de productividad, etc. de manera que se estimen costos por padecimientos relacionados con la contaminación ambiental.

Realizar estudios sobre beneficios económicos por reducción de la contaminación atmosférica, esperanza de vida y ausencia escolar.

La mala calidad del aire que ha presentado la ZMVM desde los años ochenta, es violatoria al derecho humano a vivir en un medio ambiente sano, por lo que es imperativo que las políticas públicas que se establezcan tengan un impacto significativo para que los niveles de contaminación disminuyan hasta cumplir al menos con la normatividad actual.

## 6.4 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- APHEIS (2002). Health impact assessment of air pollution in 26 european cities. Second year Report. Union Europea, Air Pollution and Health: A European Information System: 225.
- Bell ML, Davis DL, Gouveia N, Borja-Aburto VH, Cifuentes LA. (2006). "The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, Sao Paulo, and Mexico City." *Environ Res* 100 (3): 431-40.
- Cicero, F. P.; Torres, V.; Rosales, A.; Cesar, H.; Dorland, K.; Muñoz, R.; Uribe, R.; Martinez, A. P. (2001). "Evaluation of Human Exposure to Ambient PM10 in the Metropolitan Area of Mexico City Using a GIS-Based Methodology". *Journal of the Air & Waste Management Association*. 51:1586-1593.
- Comisión Ambiental Metropolitana. (2002). Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Mexico D.F, GDF, GEMEX, SEMARNAT, SS.
- Comisión de Derechos Humanos del Distrito Federal (CDHDF), 2008. Informe especial sobre el derecho humano a un medio ambiente sano y la calidad del aire en la Ciudad de México.
- Evans, J., J. Levy, et al. (2002). Health benefits of air pollution control in Air Quality in the Mexico Megacity. An Integrated Assessment. L. Molina and M. Molina. Netherlands, Kluwer Academic Publishers
- External Review Draft. U. S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC: Office of Research and Development report no. EPA-600/R-08/139.
- IAL. Instituto de Aire Limpio. 200). Revisión Crítica de Información sobre el Proyecto de Restricción Vehicular Sabatina. Ciudad de México, Clean Air Initiative.
- Ito, K.; De Leon, S. F.; Lippmann, M. (2005). "Associations Between Ozone and Daily Mortality Analysis and Meta-Analysis". *Epidemiology*. 16:446-457.
- Loomis, D., M. Castillejos, et al. 1999. Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology* 10(2): 118-23.
- Molina, L. T.; Molina, M. 2002. Air Quality in the Mexico Megacity: An integrated Assessment. Kluwer Academic Publishers.
- Muñoz, R.; Granados, M. G.; Jaimes, M. C. (2008). "Análisis del comportamiento semanal del ozono en la zona metropolitana del Valle de México en el periodo 1990-2007". Serie de Análisis del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México. Secretaría del Medio Ambiente. México, D.F. Disponible en <http://www.sma.df.gob>. Calidad del aire.
- Pope, C. A., 3rd, M. Ezzati, et al. (2009). "Fine-particulate air pollution and life expectancy. in the United States." *N Engl J Med* 360(4): 376-86.
- Romieu, I.; Meneses, F.; Ruiz, S.; Sienna, J. J.; Huerta, J.; White, M. C.; Etzel, R. A. (1996). "Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 154:300-307.
- Riojas Horacio, Urinda Alamo, Texcalac Jose Luis, Romieu Isabelle. (2009). Informe final del Proyecto "Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México". SMA-GDF, INSP.
- SMA-GDF. 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Dirección General de Inventario de Emisiones. Evolución y Tendencias de las Emisiones en la ZMVM 1990-2006.

- SMA-GDF. 2007. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2007.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes tóxicos de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2006.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe Anual de Actividades 2008.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Informe de la Calidad del Aire 2008.
- SMA-GDF. 2009. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa. Inventario de Emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. 2008. (Documento Preliminar).
- US EPA. (2008). Integrated Science Assessment for Particulate Matter, First Report.

# 7

## EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AIRE durante el PROAIRE 2002-2010 A TRAVÉS DE LA MODELACIÓN DE ESCENARIOS

Con la finalidad de darle seguimiento al análisis de medidas de control de emisiones planteadas en el PROAIRE 2001-2010, se modelaron escenarios de diagnóstico para simular la aplicación del control de emisiones en las fuentes y su contribución a la disminución de la contaminación ambiental en la ZMVM.

Una herramienta muy útil para estimar la contribución de las fuentes antropogénicas a las concentraciones de contaminantes atmosféricos son los modelos fotoquímicos, mismos que relacionan las emisiones con las concentraciones ambientales de compuestos emitidos ó generados. En este sentido, para la modelación de escenarios de diagnóstico en los cuales pueda simularse el patrón de emisiones de diversas fuentes y su impacto en el ambiente, previamente ha sido utilizado en estudios para la ZMVM, el modelo fotoquímico de trayectoria Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM por sus siglas en inglés), el cual cuenta con capacidad para determinar concentraciones de ozono en función de variables como las emisiones, la topografía, la meteorología, etc. Estos escenarios estuvieron basados en proyecciones poblacionales realizadas por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y de las variables económicas publicadas por el Banco de México complementadas con pronósticos de series de tiempo así como en datos de todo un conjunto de instituciones públicas y privadas.

### 7.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MODELACIÓN

Como se mencionó en el capítulo 3, la modelación se realizó para el año 2002 (caso base) cuando inició el PROAIRE 2002-2010, para el año 2008, puesto que es el último año para el que se tiene una base completa de datos y para el año 2010, realizando una proyección de los datos del 2008. Para los años 2008 y 2010 la modelación se realizó con dos escenarios, el primero sin aplicar las medidas del PROAIRE 2002-2010 y el segundo sin la aplicación de medidas.

#### Periodo de modelación

El periodo de modelación fue seleccionado a través del análisis estadístico de las variables meteorológicas: humedad relativa, velocidad del viento, temperatura, frecuencia de inversiones térmicas, radiación UV y global, altura de capa de mezclado y precipitación acumulada semanal en la ZMVM en el año 2002.

Después de aplicar un análisis de Cluster a los promedios semanales de las variables antes citadas, la semana seleccionada fue la del 12 al 18 de Febrero de 2002, misma que se consideró representativa para las condiciones meteorológicas promedio de la temporada seca fría en la Cuenca de México. A partir de lo anterior, se definió el periodo base del 13 al 17 (miércoles a domingo) de Febrero de 2002, para modelar los escenarios.

#### Coberturas geográficas para modelación meteorológica y fotoquímica

Por otra parte, para llevar a cabo las modelaciones se requirió establecer 3 coberturas geográficas (dominios) necesarias para representar y delimitar las regiones en la simulación en las dimensiones X y Y (Figura 7.1):

Un Dominio 1 (D1), con malla de  $i=122$  por  $j=180$  celdas y resolución de 25 Km; el Dominio 2 (anidado dentro del D1), con malla de  $i=121$  por  $j=171$  celdas y resolución de 5 Km; un Dominio 3 (anidado en el D2), con malla de  $i=91$  por  $j=101$  celdas y resolución de 1 Km para representar la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Cabe mencionar que, si bien se efectuó modelación meteorológica en los tres dominios, sólo se realizó modelación fotoquímica para el dominio 3.

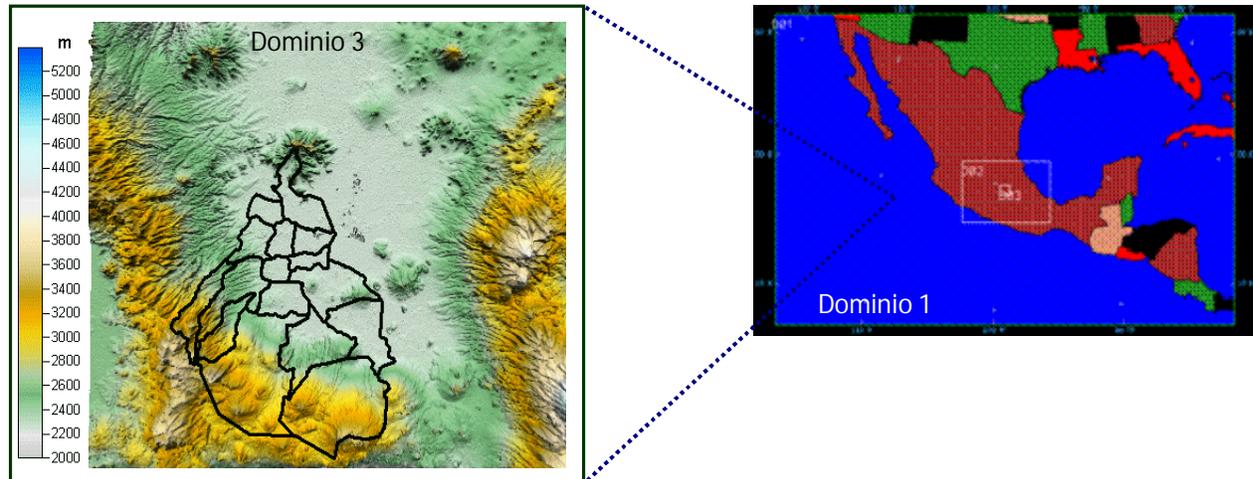


Figura 7.1 Dominios ó coberturas geográficas de modelación. El dominio 3 (izquierda) representa la región de la ZMVM donde se ubican las principales fuentes de emisiones antropogénicas.

Capa ó nivel vertical	Presión (mb)	Altura (m)
1	117	13954
2	151	12361
3	184	11036
4	218	9894
5	252	8888
6	286	7985
7	319	7165
8	353	6412
9	387	5716
10	421	5067
11	454	4459
12	488	3887
13	522	3346
14	556	2832
15	589	2343
16	623	1876
17	657	1430
18	687	1043
19	714	711
20	738	429
21	758	197
22	771	46
Superficie 23	775	4

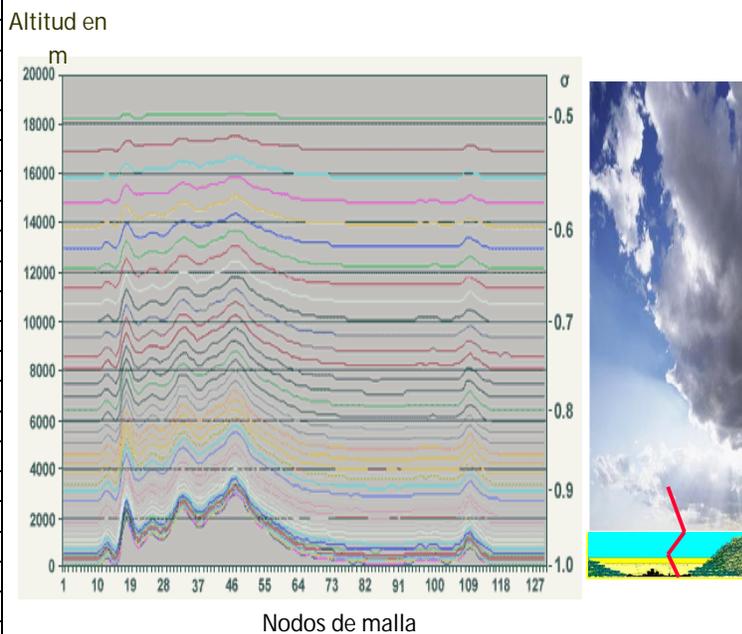


Figura 7.2. Capas verticales empleadas en el dominio 3. Esquematización de la resolución vertical (dimensión 3 ó Z) de los dominios de modelación.

## Resolución vertical de los dominios de modelación

La resolución vertical empleada en los escenarios fue de 24 capas atmosféricas completas (full-sigma layers) y 23 capas medias (half-sigma layers) ó niveles verticales. Las estimaciones de cada variable efectuadas en las capas sigma completas por el modelo numérico, se interpolaron a cada capa sigma media, y los valores estimados se reportan a la altura y presión de cada capa sigma media ó capa vertical.

En el caso de la ZMVM (incluida en el Dominio 3), ésta presenta una presión atmosférica de 775 mb a una altitud aproximada de 2242 msnm en la Ciudad de México. Por lo que la capa (ó nivel sigma medio) más cercana a la superficie (capa superficial) incluida en la modelación de MM5, tiene una altura de 4 m y está a una presión de 775 mb (Tabla 1). Al igual que el dominio 3, los otros 2 dominios también están conformados por 23 capas verticales, estimándose para cada capa las mismas variables meteorológicas; y en el caso del dominio 3, también las variables químicas correspondientes. En todos los casos las estimaciones son realizadas cada hora para todo el periodo de modelación.

Como se puede apreciar en la Figura 7.2, el espesor de las capas disminuye conforme disminuye la altitud, lo cual da por resultado una gran resolución en la capa superficial. También puede observarse en la Figura 7.2 que la región considerada para modelación alcanza casi 14 000 m de altitud y además la cobertura geográfica incluye buena parte del país y las regiones marítimas que lo rodean (Figura 7.1), con lo que se pretende incluir y representar los principales procesos que influyen en la dispersión de contaminantes, tales como la evolución de la capa de mezclado y la capa límite, la presencia de inversiones térmicas en superficie y altura, la ocurrencia de altas y bajas presiones, y en general, simular las características de la atmósfera que representen aceptablemente la dinámica atmosférica asociada con el transporte y transformaciones de los contaminantes atmosféricos.

La información de meteorología sinóptica para determinar las condiciones meteorológicas iniciales y de frontera (CMIF) requeridas cada 6 horas para el MM5/MCCM, se obtuvo de la página electrónica <ftp.cdc.noaa.gov>. A partir de la misma, se interpolaron horizontalmente las CMIF para las coberturas de los dominios 1, 2, y 3 mediante la aplicación del preprocesador REGRID. Posteriormente se realizó la interpolación vertical de las CMIF de cada dominio, para las capas citadas en la Tabla 1, utilizando el preprocesador INTERP. Cabe señalar que para el dominio 2, la preparación de las CMIF se realizó interpolando éstas a partir de la salida de MCCM del dominio 1; y sucesivamente, para obtener las CMIF del dominio 3, éstas se interpolaron a partir de la salida de MCCM del dominio previo. Las dos últimas interpolaciones se desarrollaron mediante la aplicación del preprocesador NESTDOWN.

## Distribución Temporal y Geográfica de emisiones para el dominio 3

La información de emisiones utilizada se basó en el inventario de emisiones 2002, preparado por la Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventario de Emisiones, de la Secretaría del Medio Ambiente– GDF. Dicho inventario fue distribuido temporalmente y geográficamente de la forma que se describe a continuación.

Apoyándose en la información de aforos vehiculares y utilizando líneas geo-referenciadas para representar las avenidas, se realizó la distribución geográfica de emisiones de fuentes móviles en tramos de líneas representando con éstos las vialidades primarias y secundarias (Figura 7.3). Las emisiones de fuentes móviles estimadas por tramo se distribuyeron temporalmente con base en información de 31

estaciones maestras de aforos vehiculares. Esta distribución temporal y la distribución de emisiones en celdas del dominio 3, se realizó con el Sistema de Procesamiento de Emisiones a la Atmósfera (SPEA).

Las emisiones de fuentes de área ó servicios fueron calculadas por Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) las cuales se representaron a través de polígonos irregulares geo-referenciados. La distribución temporal con SPEA se realizó utilizando patrones temporales determinados a partir de la información recabada en las Licencias Ambientales Únicas y Cédulas de Operación Anual 2002. Después las emisiones calculadas por AGEB fueron distribuidas geográficamente en celdas del dominio 3 aplicando SPEA (Figura 7.4).

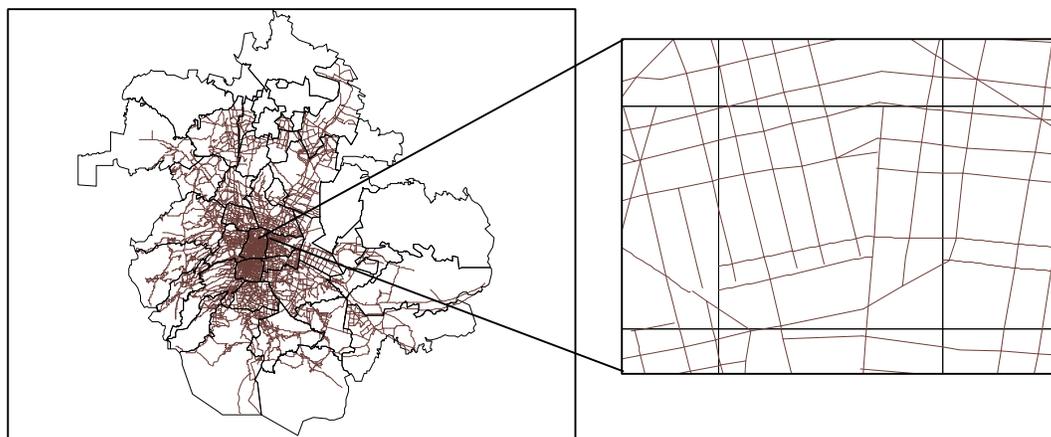


Figura 7.3. Tramos utilizados para la distribución de emisiones de fuentes móviles y distribución de los mismos en celdas del dominio 3 (derecha).

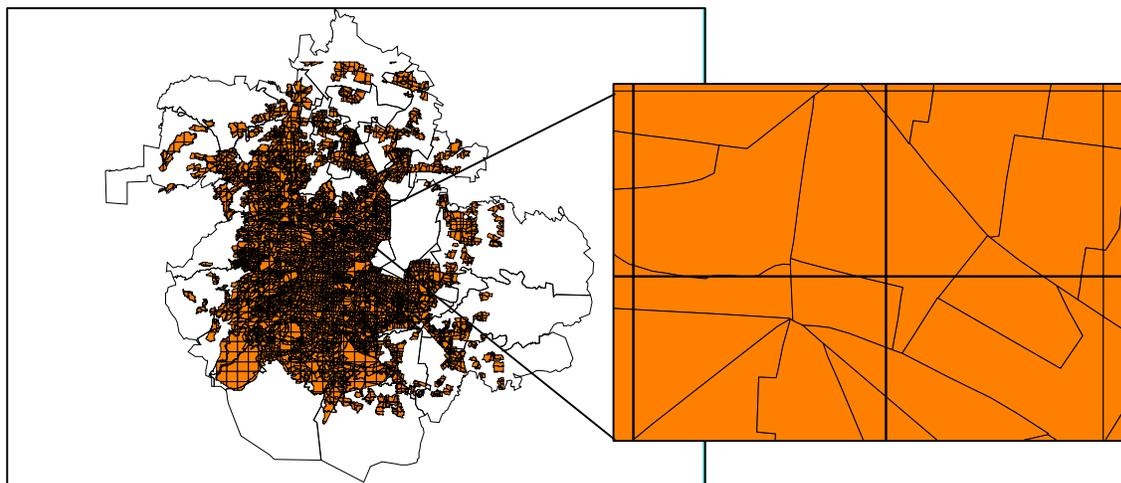


Figura 7.4. Representación de AGEB (polígonos irregulares color naranja) y distribución de éstos en celdas del dominio 3 (derecha).

Las emisiones de fuentes puntuales se estimaron por industria y se ubicaron geográficamente con coordenadas correspondientes a la localización de la chimenea principal de cada empresa (Figura 7.5). La

distribución temporal de las emisiones correspondientes se efectuó con información de las Licencias Ambientales Únicas y Cédulas de Operación Anual del 2002, y se aplicaron patrones temporales para cada contaminante ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{COT}$  y  $\text{CO}$ ). Posteriormente a la distribución temporal, también se desarrolló con SPEA la distribución de emisiones industriales en celdas.

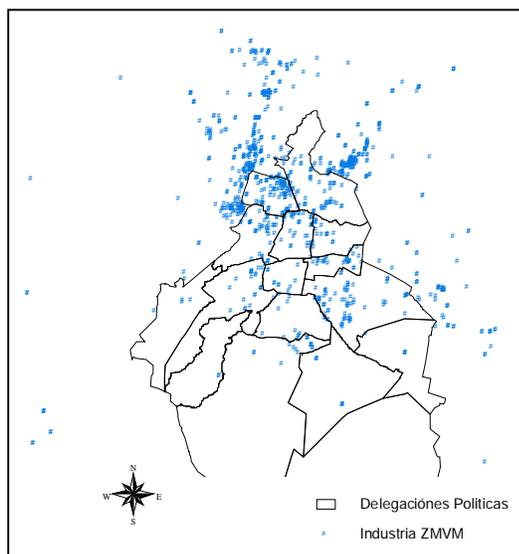


Figura 7.5. Ubicación geográfica de las principales industrias establecidas en la ZMVM.

### Especiación (caracterización) de compuestos orgánicos totales (COT) y su Agregación en clases RADM2

En el caso de las emisiones de COT; además de las distribuciones temporal y geográfica; se utilizó una base de datos con 96 perfiles de emisión y 551 compuestos para realizar mediante el SPEA la caracterización de éstos en compuestos químicos. Utilizándose para ello los perfiles de emisión asociados a cada giro mostrado en el Cuadro 7.1. Posteriormente a la caracterización de COT, los compuestos químicos emitidos por cada fuente fueron agregados en clases del mecanismo químico RADM2, implantado en MCCM para resolver fotoquímica y reacciones térmicas de química orgánica e inorgánica.

Finalmente, los archivos salida de SPEA (con emisiones en Kg/h) fueron formateados mediante los sistemas RUNAREA para emisiones a nivel de piso (área y móviles) y RUNPOINT para fuentes elevadas (industrias con chimeneas). Con lo que la información de emisiones quedó en unidades de ppm·m/min para las clases del mecanismo de reacción Regional Acid Deposition Model 2 (RADM2), quedando lista para ser leída por MCCM.

Cabe mencionar que sólo se realizó modelación fotoquímica del dominio 3, debido a que únicamente para ésta última cobertura se tiene información de emisiones.

Cuadro 7.1. Giros utilizados para realizar la caracterización de COT.

Industria	Servicios	F. Móviles
Industria de la carne Elaboración de productos lácteos Elaboración de conservas alimenticias Beneficio y molienda de cereales y otros productos Elaboración de productos de panadería Molienda de Nixtamal y fabricación de tortillas Fabricación de aceites y grasas comestibles Fab. de cocoa, chocolate y artículos de confitería Elaboración de otros productos alimenticios para Elaboración de alimentos preparados para animales Industria de la bebida Industria del tabaco Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo Hilado, tejido y acabado de fibras blandas. Confección con materiales textiles Fab. de tejidos de punto Confección de prendas de vestir Industria del cuero, pieles y sus productos Industria del calzado. Excluye de hule y/o plástico Fab. de productos de aserradero y carpintería Fab. de envases y otros productos de madera y corcho Fab. y reparación de muebles principalmente de madera Manufactura de celulosa, papel y sus productos Imprentas, Editoriales e industrias conexas Petroquímica básica Fab. de sustancias químicas básicas Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas Industria farmacéutica Fab. de otras sustancias y productos químicos Industria del coque. Industria del hule Elaboración de productos de plástico Alfarería y cerámica (Excluye materiales de construcción) Fab. de materiales de arcilla para la construcción Fab. de vidrio y productos de vidrio Fab. de cemento, cal, yeso y otros productos. Industria básica del hierro y del acero Industrias básicas de metales no ferrosos. Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no Fab. de estructuras metálicas, tanques y calderas Fab. y reparación de muebles metálicos Fab. de otros productos metálicos. Fab. y reparación de maquinaria (Incluye maquinaria Fab. y reparación de maquinaria (Incluye armamento) Fab. y/o ensamble de máquinas de oficina y Fab. y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios Fab. y/o ensamble de equipo electrónico de radio, TV y Fab. y/o ensamblajes de aparatos y accesorios de uso Industria automotriz Fab., reparación y/o ensamble de equipo de transporte y Fab., reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo Otras industrias manufactureras Generación y transmisión de energía eléctrica	Combustión industrial (GN) Combustión comercial-institucional (GLP) Combustión comercial-institucional (GN) Combustión habitacional (GLP) Combustión habitacional (GN) Operación de aeronaves Locomotoras (foráneas/ patio) Terminales de Autobuses de pasajeros Recubrimiento de superficies Industriales Pintura automotriz Recubrimiento de superficies arquitectónicas Recubrimiento de superficies arquitectónicas Pintura de tránsito Limpieza en superficie industrial Lavado en seco (Percloroetileno) Lavado en seco (Gas nafta) Artes gráficas Aplicación de asfalto Productos de cuidado personal Productos misceláneos Productos de consumo doméstico Uso doméstico y comercial de pesticidas Uso comercial y doméstico de pinturas en aerosol Productos para el cuidado automotriz Uso comercial y doméstico de adhesivos y Distribución y almacenamiento de gasolina Carga de combustibles en aeronaves Distribución y almacenamiento de GLP Fugas de GLP en instalaciones HCNQ en la combustión de GLP Panaderías Esterilización en hospitales Rellenos sanitarios Tratamiento de aguas residuales Incendios en estructuras Almacenamiento masivo de gasolina Incendios Forestales Amoniaco doméstico	Vehículos a diesel Vehículos gasolina Vehículos a GLP Vehículos a GN Partículas diesel

## 7.2 ESCENARIOS DE MODELACIÓN

Para realizar las estimaciones de ozono fue necesario desarrollar en total 5 escenarios, los cuales son descritos en seguida. El primer escenario ó línea base 2002 (Caso Base 2002) es fundamental, ya que a través del éste se estiman las concentraciones de ozono y se comparan con mediciones del mismo contaminante, con la finalidad de observar la representatividad de tales estimaciones. A continuación se reseñan las características principales de cada escenario.

Respecto a las emisiones, en este trabajo se tomó como base el inventario de emisiones del año 2002 (Cuadro 7.2), cuyas estimaciones se utilizaron como referencia para desarrollar los escenarios restantes.

- Caso Base Febrero del 2002 (CB2002): Escenario en el cual se incluyó la meteorología del 13 al 17 de Febrero del 2002 e inventario de emisiones del mismo año, que incluyen las emisiones de fuentes puntuales, fuentes de área y fuentes móviles estimadas para un día laboral de acuerdo con lo establecido en el PROAIRE 2001-2010 para dicho año. Con lo anterior se pretendió obtener las estimaciones de ozono bajo las condiciones normales en que se generan las emisiones en la Ciudad de México y los 18 municipios conurbados a la misma.
- PROAIRE Base 2008 (PB2008). La diferencia respecto al CBFEB 2002 es que la PB2008 incluye las emisiones 2008 de fuentes puntuales, de área y móviles, proyectadas a partir de 2002, incluyendo las medidas de control de emisiones realizadas en el PROAIRE 2002-2010.
- Escenario 2008 (ESC2008). Similar al PB2008, pero en este escenario las emisiones para el año 2008, no consideran las medidas de control incluidas en el PROAIRE 2002-2010.
- PROAIRE Base 2010 (PB2010). La diferencia respecto al CBFEB 2002 y la PB2008, es que la PB2010 incluye las emisiones 2010 de fuentes puntuales, de área y móviles, proyectadas al 2010, a partir de 2002, considerando las medidas de control de emisiones realizadas en el PROAIRE 2002-2010 para el año 2010.
- Escenario 2010 (ESC2010). Similar al PB2010, pero en este escenario se omitieron las medidas de control para fuentes móviles consideradas en el PROAIRE 2002-2010 para calcular las emisiones de dichas fuentes.

En cuanto a los precursores de ozono, el Cuadro 7.2 muestra que las emisiones de COT provenientes de fuentes de área aumentan 147 137 ton/año en 2008 respecto al 2002; y se espera una disminución de 15 476 ton/año de las mismas en el año 2010 (en referencia al año 2008). Los NOx emitidos por fuentes de área disminuyen 706 ton/año de 2002 a 2008 y se espera que bajen 2 239 ton/año hacia 2010.

La industria por su parte, muestra un aumento sostenido de NOx desde 19 543 ton/año en 2002 a 20 804 ton/año en 2008 y a 21 147 ton/año en 2010. Mientras que los COT vertidos por estas fuentes aumentaron desde 75 933 ton/año en 2002 a 122 728 ton/año en 2008, y a partir de éste último año, se espera que lleguen a 124 222 ton/año. Cabe mencionar que las reducciones por PROAIRE fueron mínimas en este sector por lo que se utilizó el mismo valor para ESC (Sin PROAIRE) que para PB (Con PROAIRE).

Por su parte, a pesar del crecimiento de la flota vehicular, las fuentes móviles disminuyen sus emisiones de NOx desde 167 290 ton/año en 2002 a 150 147 ton/año en 2008 y a 147 271 ton/año en 2010. En los COT emitidos por este tipo de fuente también se observa la misma tendencia, disminuyendo de 224 462 ton/año en 2002 a 228 342 ton/año en 2008 y se espera que bajen hasta 168 848 ton/año en 2010.

Cuadro 7.2. Resumen de emisiones estimadas para los escenarios (ton/año).

Año	Fuente	Escenario	NOx	CO	SOx	COT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
2002	Área	CB2002	11 805	7 181	36	412 221	174	172
	Puntuales	CB2002	19 543	6,880	3 579	75 933	3 508	511
	Móviles	CB2002	167 290	2 147 034	4 748	224 462	5 492	2 610
2008	Área	PB2008 y ESC2008	11 099	7 868	10	559 358	375	370
	Puntuales	PB2008 y ESC2008	20 804	6 977	2 245	122 728	4 844	921
	Móviles	PB2008 Con PROAIRE	150 147	1 478 594	3 179	177 629	14 538	3 847
	Móviles	ESC2008 Sin PROAIRE	189 532	1 925 700	3 634	228 342	14 988	3 901
2010	Área	PB2010 y ESC2010	8 860	6 580	10	543 882	252	248
	Puntuales	PB2010 y ESC2010	21 147	7 110	2,289	124 222	4 867	930
	Móviles	PB2010 Con PROAIRE	147 271	1 362 998	3 179	168 848	14 887	4 162
	Móviles	ESC2010 Con PROAIRE	178 471	1 787 469	3 562	225 008	15 146	4 077

## 7.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caso Base Febrero de 2002 (CBFEB 2002)

Para comparar las estimaciones obtenidas en el CBFEB 2002 respecto a las mediciones realizadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico ó RAMA (Figura 7.6), se utilizaron solamente los resultados del MCCM en la capa superficial, misma que tiene una altura de 4 m.

La comparación de las concentraciones de ozono estimadas por MCCM respecto a las medidas por la RAMA, permitió observar que las concentraciones de ozono estimadas tuvieron una aproximación aceptable respecto a las mediciones. Este resultado se verificó a través de los coeficientes de correlación (CC) entre ambas poblaciones de datos para el periodo modelado completo, y específicamente para el día 15 de Febrero, día en que se midió la concentración de ozono máxima del periodo modelado.

El Cuadro 7.3 muestra que en general se obtuvieron correlaciones superiores a 0.72 al comparar las estimaciones de ozono con MCCM respecto a las mediciones del mismo. En este sentido, para todo el periodo de modelación (del 14 al 17 de Febrero de 2002) las mejores correlaciones se determinaron en las estaciones Taxqueña, Benito Juárez y UAM Iztapalapa. Mientras que para el día en que se monitoreó la máxima concentración de ozono (15 de Febrero) las correlaciones más altas se calcularon para los sitios Benito Juárez (0.837), Merced (0.805), Taxqueña (0.855), Xalostoc (0.836), Tacuba (0.816), Pedregal (0.840) y Plateros (0.877). Lo anterior implica que se logra una aceptable simulación de la tendencia en las concentraciones de ozono para el periodo de modelación.

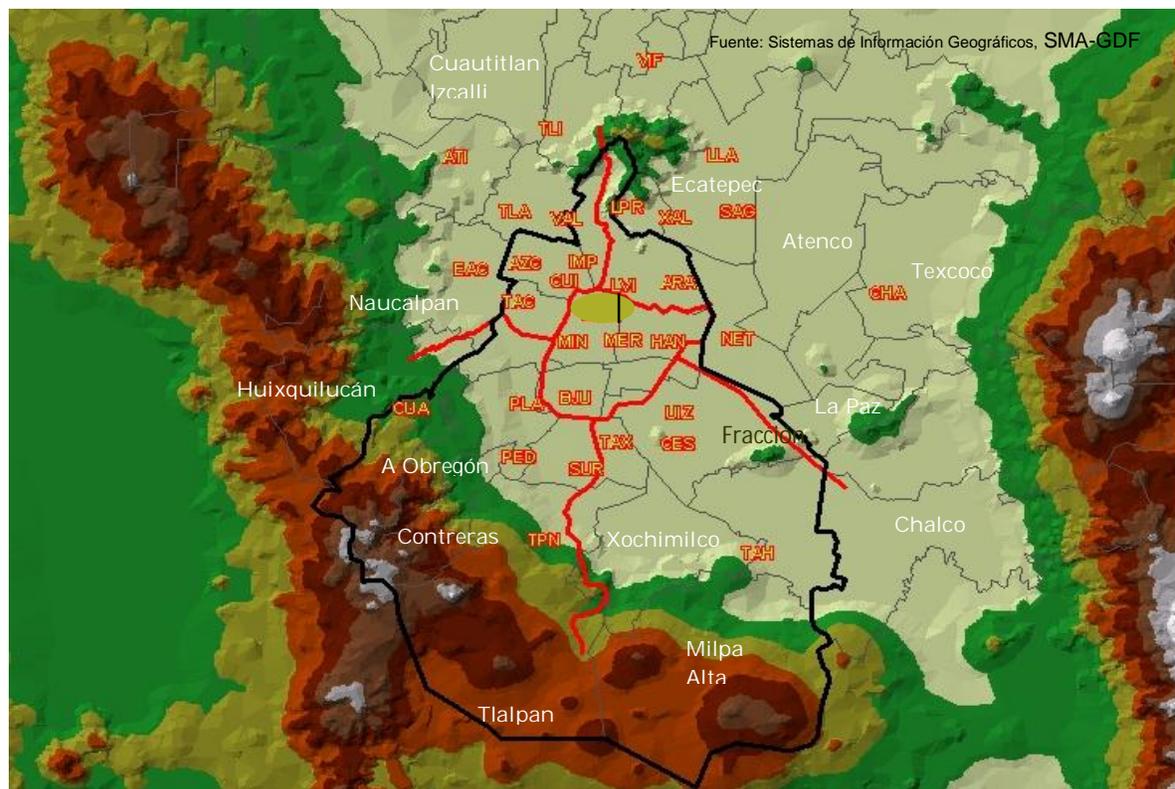


Figura 7.6 Localización de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, así como la división política de la ZMVM (líneas negras y grises) y los sectores IMECA (línea roja).

Cuadro 7.3. Correlaciones entre las estimaciones de ozono y datos medidos.

Estación	Sector	CC del periodo 13 al 17/Feb/02	CC sólo del 15/Feb/02
BJU	CENTRO	0.789	0.837
HAN	CENTRO	0.730	0.713
LAG	CENTRO	0.756	0.790
MER	CENTRO	0.766	0.805
CES	SURESTE	0.726	0.736
TAX	SURESTE	0.808	0.855
UIZ	SURESTE	0.787	0.747
XAL	NORESTE	0.721	0.836
AZC	NOROESTE	0.763	0.769
EAC	NOROESTE	0.734	0.747
TAC	NOROESTE	0.763	0.816
TLA	NOROESTE	0.723	0.757
PED	SUROESTE	0.736	0.840
PLA	SUROESTE	0.762	0.877

CC. Coeficiente de correlación.

## Escenarios CB2002, PB2008 y PB2010

El análisis de resultados se centró en el 15 de Febrero, día en el cual se midió la concentración máxima de ozono (15-16 horas) durante el periodo modelado. En este sentido, el CB2002 presentó una concentración máxima de 0.1722 ppm, en la PB2008 se estimaron 0.1739 ppm y en la PB2010 se obtuvieron 0.1738 ppm del mismo contaminante, todo a las 15:00 horas del viernes 15 de Febrero. Es decir que en la hora en que comúnmente se monitorean concentraciones más agudas ( $> 0.11$  ppm) de ozono, las emisiones de la PB2008 generaron la mayor concentración de  $O_3$  (Figura 7.7). Lo cual es congruente con las emisiones que se utilizaron en cada escenario, con 182 050 Kg/día de  $NO_x$  y 859 715 Kg/día de COT. Mientras que en el CB2002 fueron 198 638 Kg/día de  $NO_x$  y 712 616 Kg/día de COT, lo que implica que la mayor concentración de COT generó una mayor cantidad de ozono aunque la concentración de  $NO_x$  fuera menor. En la PB2010 se incorporaron 177 278 Kg/día de  $NO_x$  y 836 952 Kg/día de COT. Esto también sugiere que los COT tuvieron mayor contribución a la formación de ozono a las 15 horas, pues a pesar de tener más emisiones de  $NO_x$  el CB2002 que la PB2010, en esta última se estimó una mayor concentración máxima horaria de ozono (0.1738 ppm).

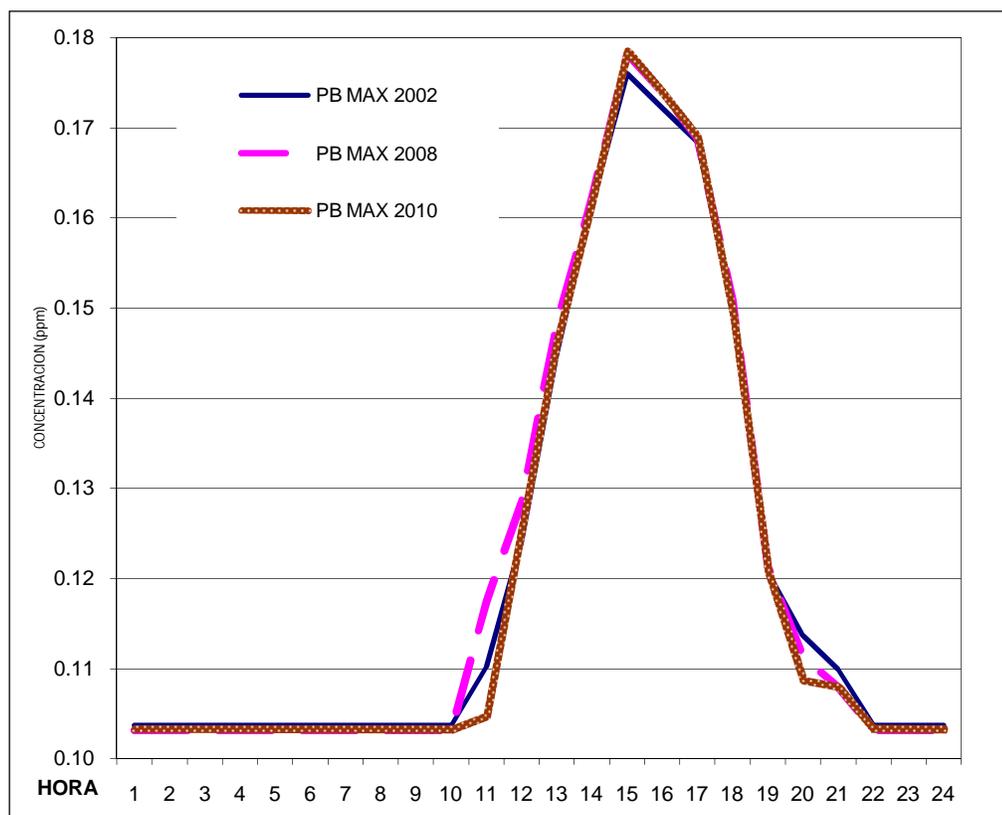


Figura 7.7. Concentraciones horarias máximas de ozono del día 15/Febrero, en los escenarios base.

## ESC2008 vs PB2008

Como se ilustró en el Cuadro 7.2, la diferencia en estos dos escenarios es el incremento de emisiones por fuentes móviles en el ESC2008 respecto al PB2008, y como se muestra en la Figura 7.8, esta variación fue principalmente en emisiones de vehículos a gasolina. En este sentido, respecto a la PB2008, en el

ESC2008, las emisiones provenientes de automotores a gasolina aumentan 163 050 Kg/día (37%) en los COT, 1 305 241 Kg/día (34%) en el CO, y 126 789 Kg/día (46%) en los NOx.

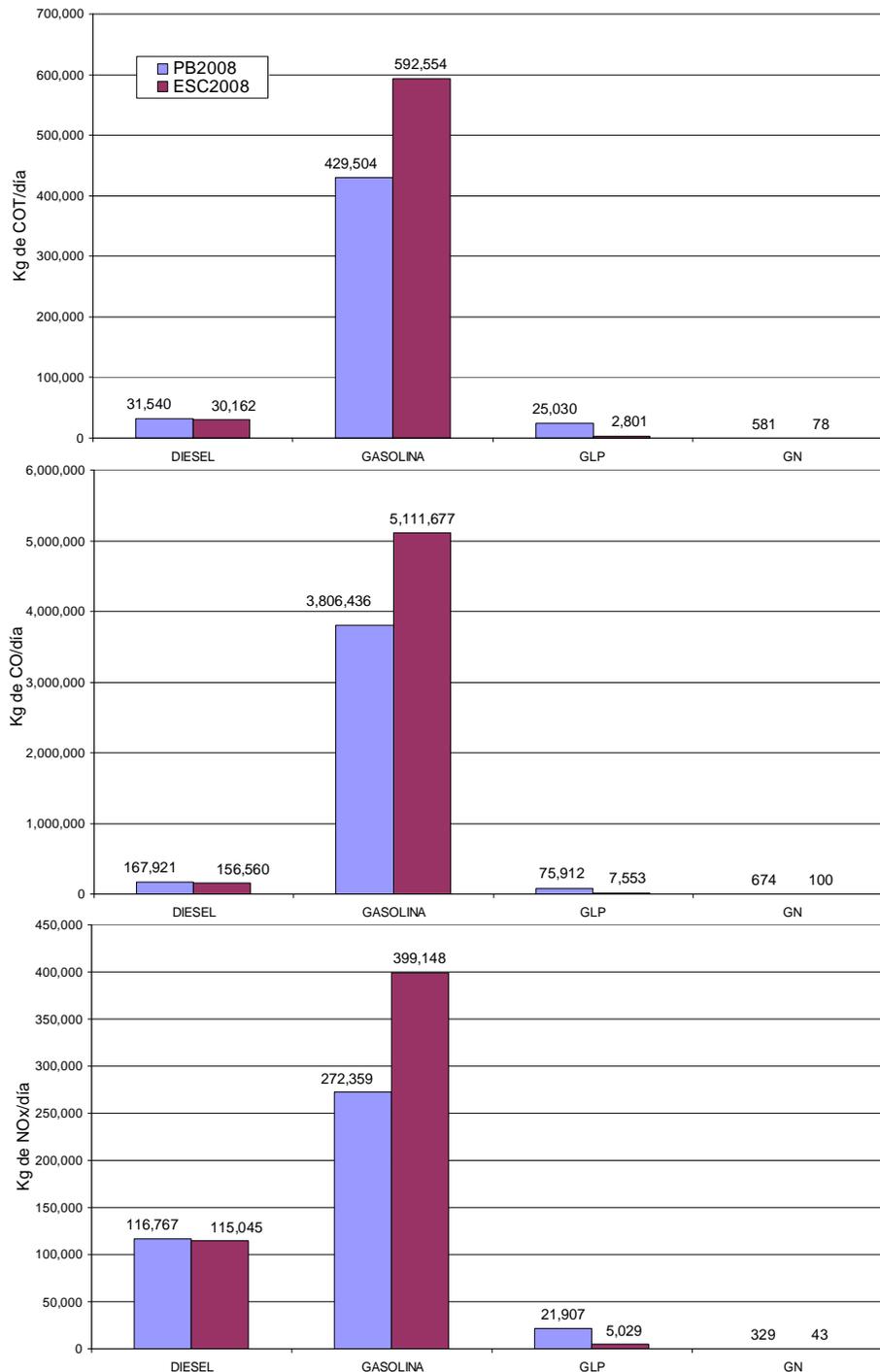
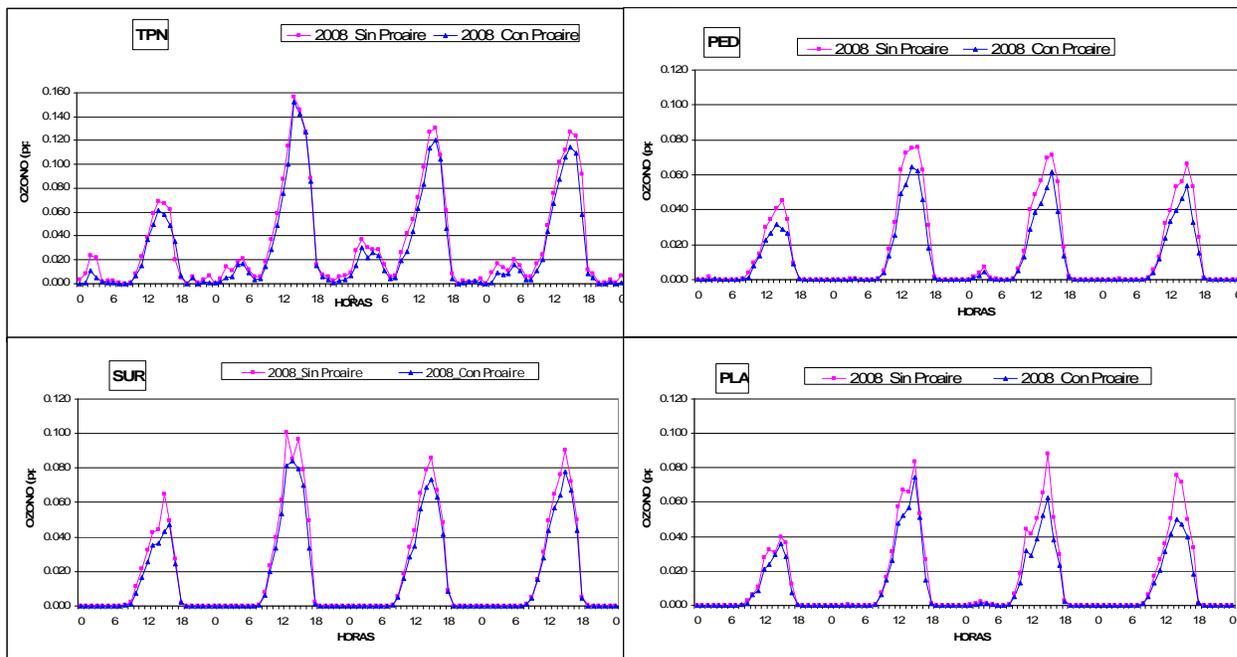


Figura 7.8. Diferencias en las emisiones de COT, CO y NOx del ESC2008 vs. PB2008 (Con PROAIRE 2008).

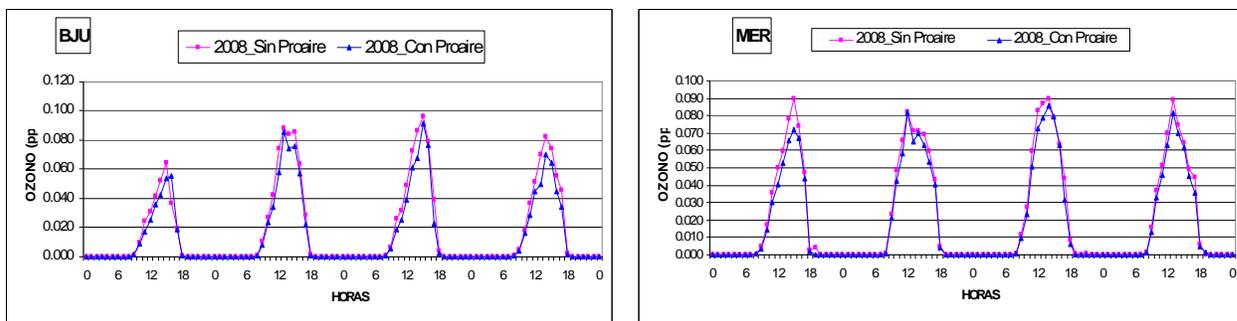
La Figura 7.9 muestra la diferencia entre las concentraciones de ozono a lo largo de cuatro días de modelación (14, 15, 16 y 17 de febrero) en 2008 para algunas estaciones de monitoreo en la zona suroeste (la cual generalmente presenta las mayores concentraciones de ozono), en la zona centro y en

la zona sureste. En todos los casos se observa un decremento de las concentraciones de ozono, principalmente en los picos de los escenarios con PROAIRE.

### Suroeste



### Centro



### Sureste

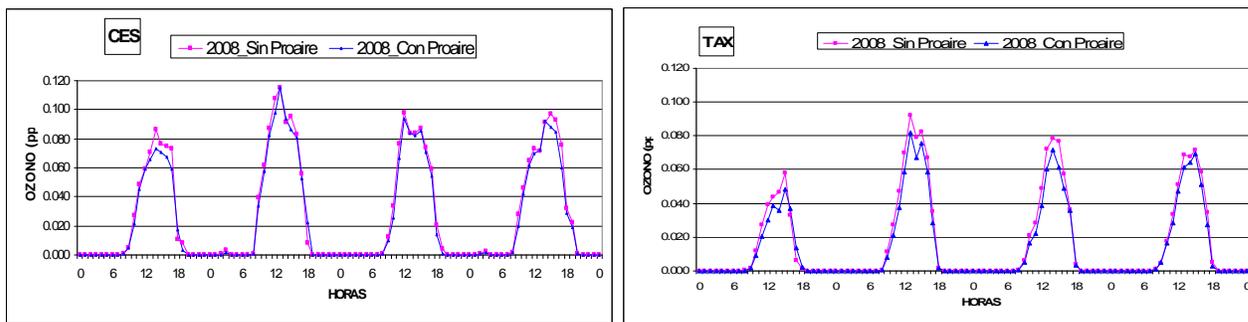
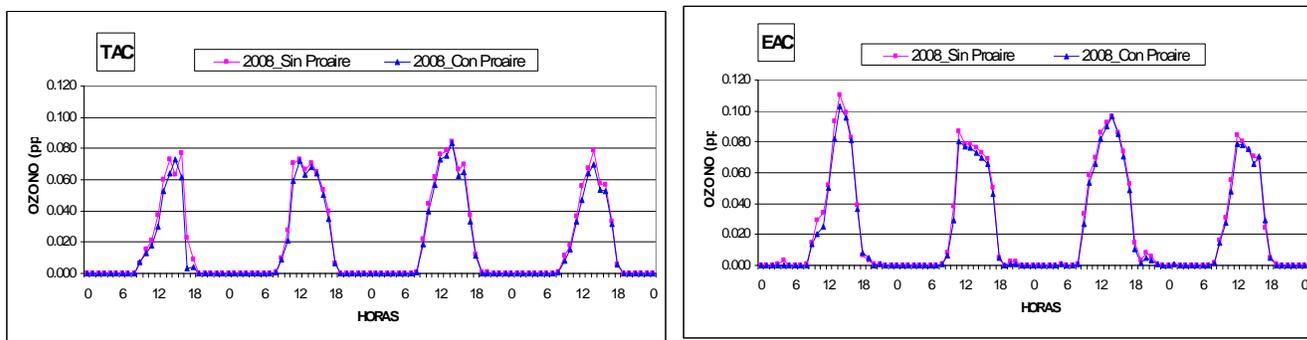


Figura 7.9. Comparación de las concentraciones horarias de los días 14, 15, 16 y 17 de febrero 2008 Con y Sin PROAIRE en las zonas suroeste, centro y sureste.

En la Figura 10 se muestra la comparación de la modelación de escenarios SIN PROAIRE y CON PROAIRE para el 2008 en algunos ejemplos de las zonas noreste y noroeste. Contrario a las gráficas presentadas para las zonas del sur y del centro, las diferencias en los escenarios no se aprecian y los valores son muy parecidos, sugiriendo que hay un mayor impacto traducido en reducción de concentraciones debido a las medidas del PROAIRE en las zonas sur y centro, lo cual es deseable ya que son las zonas que usualmente presentan las más altas concentraciones de ozono en la ZMCM.

### Noroeste



### Noreste

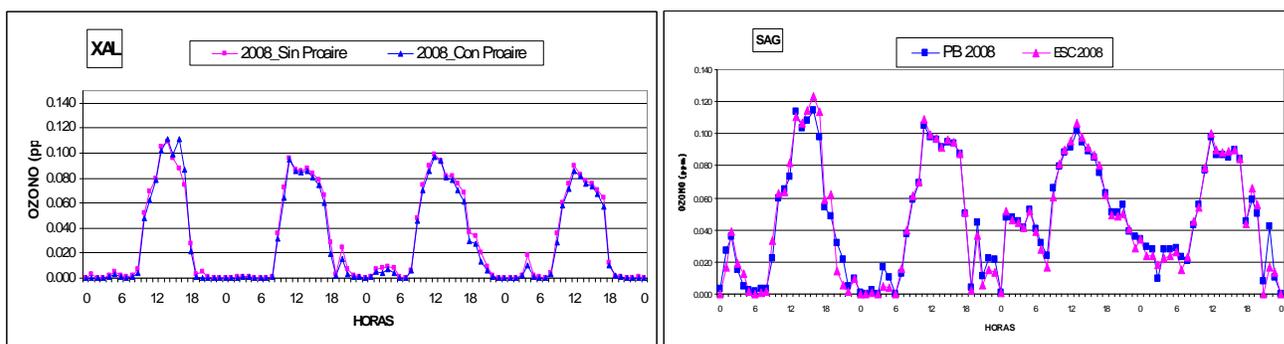


Figura 7.10 Comparación de las concentraciones horarias de los días 14, 15, 16 y 17 de febrero 2008 Con y Sin PROAIRE en las zonas noroeste y noreste.

Al realizar un análisis más preciso se observa que durante el periodo en el que comúnmente se monitorean las concentraciones más agudas de ozono (14 a 16 horas), la concentración máxima de este contaminante en el ESC2008 es mayor en 0.0031 ppm a las 14 horas y en 0.0035 ppm a las 16 horas, respecto a la PB2008 (Figura 7.11). La mayor generación de ozono en el ESC2008, se observa también en las horas subsiguientes a las 15 horas, pues a las 17 y 19 horas se tuvieron concentraciones máximas superiores al PB2008 en 0.00308 ppm y 0.0017 ppm respectivamente. Además de que el ozono residual (de las 20 a las 7 horas) del ESC2008, siempre es mayor en éste que en la PB2008.

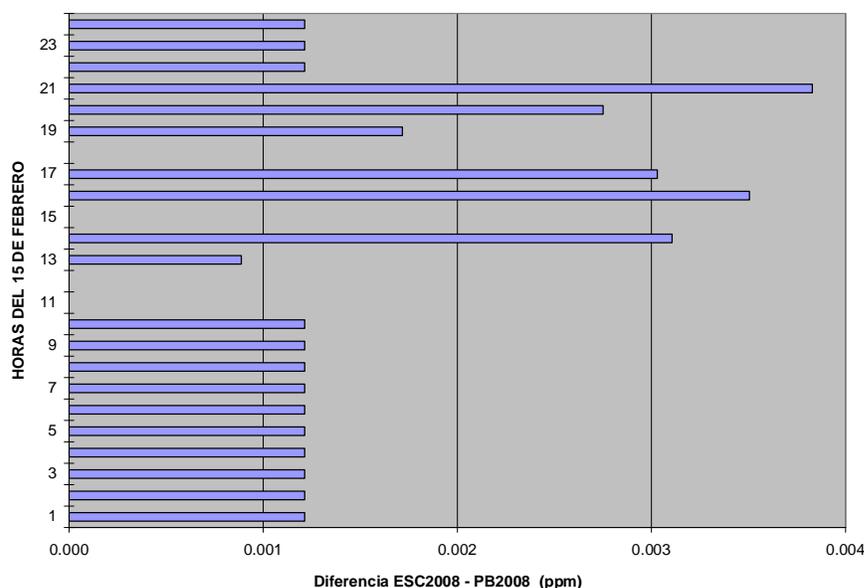


Figura 7.11. Diferencias entre las concentraciones horarias máximas del ESC2008 frente a la PB2008.

### ESC2010 vs PB2010

Al igual que en el caso de los escenarios 2008, la diferencia al modelar estos dos escenarios fue un incremento de emisiones debido a las fuentes móviles, principalmente en las emisiones de vehículos a gasolina (Figura 7.12). En este sentido, respecto a la PB2010, en el ESC2010 las emisiones de vehículos a gasolina aumentaron en los COT 159 436 Kg/día (40%), en el CO 1 275,600 Kg/día (36%), y en los NOx 114 502 Kg/día (45%). Si se consideran todos los vehículos, el ESC2010 aumentó 153 866 Kg/día de COT (33%), 1 162 933 Kg/día de CO (31%) y 85 478 Kg/día de NOx (21%), respecto a la PB2010.

Nuevamente se observa en los ejemplos de modelación presentados, que en la zona suroeste, sureste y centro las diferencias son más grandes que en las zonas noroeste y noreste, lo cual implica que las medidas realizadas para reducir las concentraciones de ozono impactan más en las zonas que frecuentemente presentan mayores concentraciones de ozono en la ZMVM (Figura 7.13).

La comparación de las concentraciones de ozono en el ESC2010 frente a la PB2010 a las 15 horas, no mostró una diferencia substancial. No obstante, las diferencias diurnas más relevantes se observaron a las 12, 13, 16 y 17 horas, en las cuales las concentraciones máximas de ozono fueron superiores para el ESC2010 en 0.0013, 0.0022, 0.0017 y 0.0014 ppm respectivamente, en referencia a la PB2010.

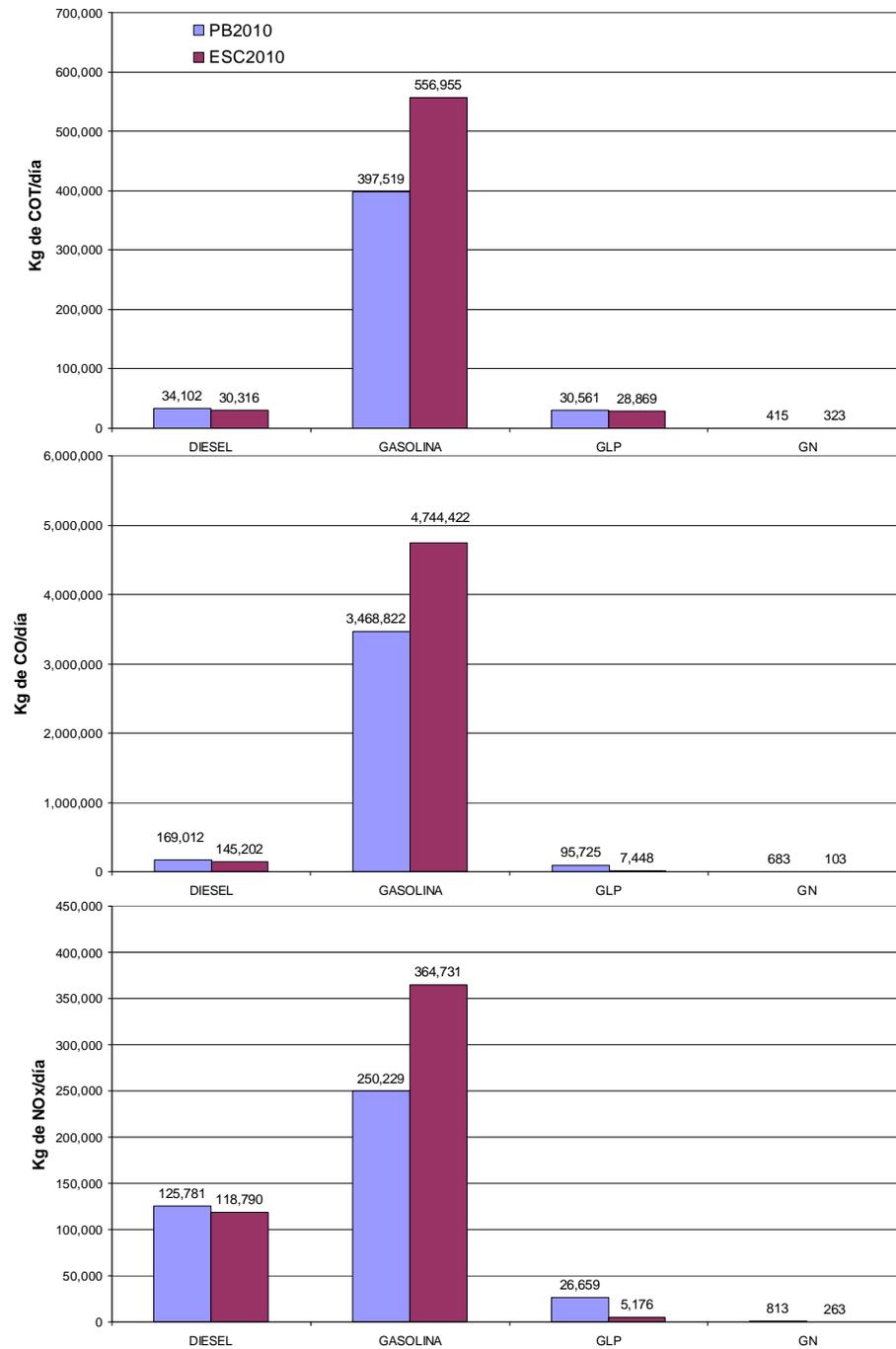


Figura 7.12. Diferencias en las emisiones de COT, CO y NOx del Escenario 2010 vs. PROAIRE 2010.

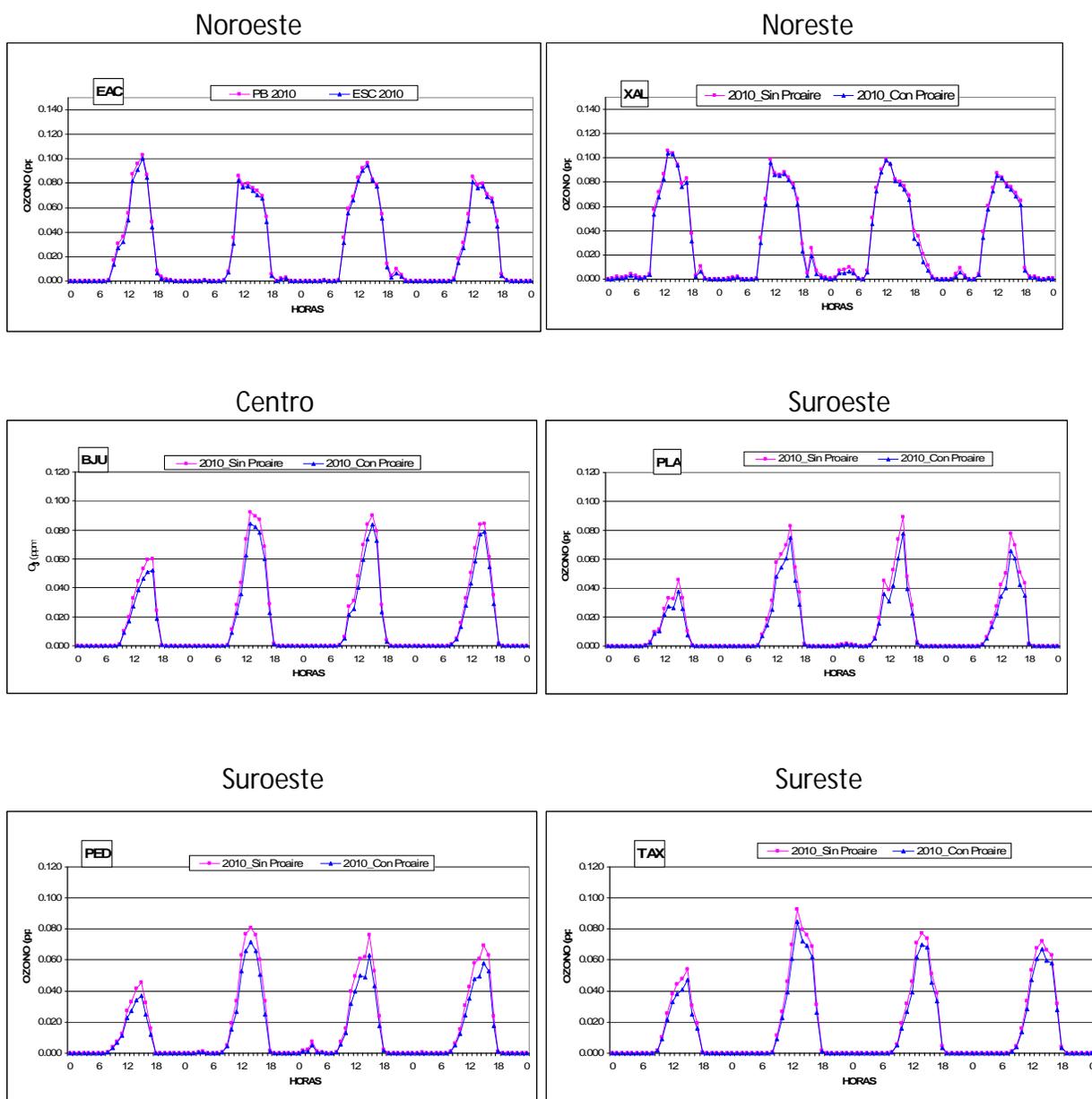


Figura 7.13 Comparación de las concentraciones horarias de los días 14, 15, 16 y 17 de febrero 2010 Con y Sin PROAIRE en la ZMVM.

Al igual que en el caso 2008, el ESC2010 en general presenta una mayor cantidad de ozono residual, diferencia que se aprecia más de las 20 a las 7 horas, en que consistentemente hay al menos 0.0011 ppm más de ozono que en la PB2010. En este sentido, dicha diferencia es mayor a las 20 horas, cuando alcanza las 0.0031 ppm (Figura 7.14).

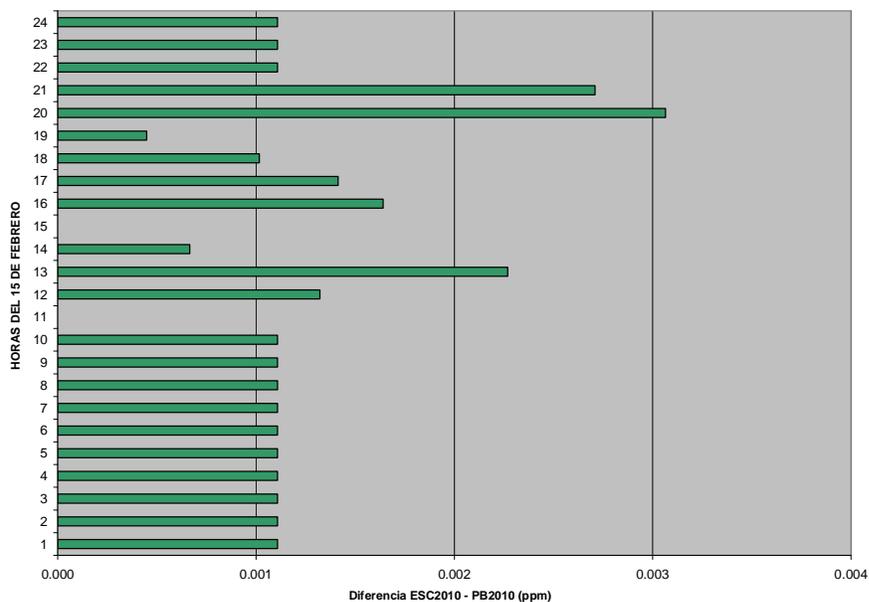


Figura 7.14. Diferencias entre las concentraciones horarias máximas del ESC2010 frente a la PB2010.

La Figura 7.15 muestra el mapa de concentraciones de ozono para la modelación del 15 de febrero de 2002 y las Figuras 7.16 y 7.17 muestran las modelaciones para 2008 Con PROAIRE y Sin PROAIRE. Aunque la resolución no permite apreciar mucho las diferencias, el mapa de ozono con las medidas Con PROAIRE muestra un área menor de concentraciones elevadas de ozono (zona roja y naranja). Las diferencias no se ven muy significativas debido probablemente a que aunque la reducción de NOx total es del 17.8%, la de COT es de apenas 5.6% del total de emisiones, por lo que la reducción de ozono, que también es pequeña no se alcanza a observar claramente.

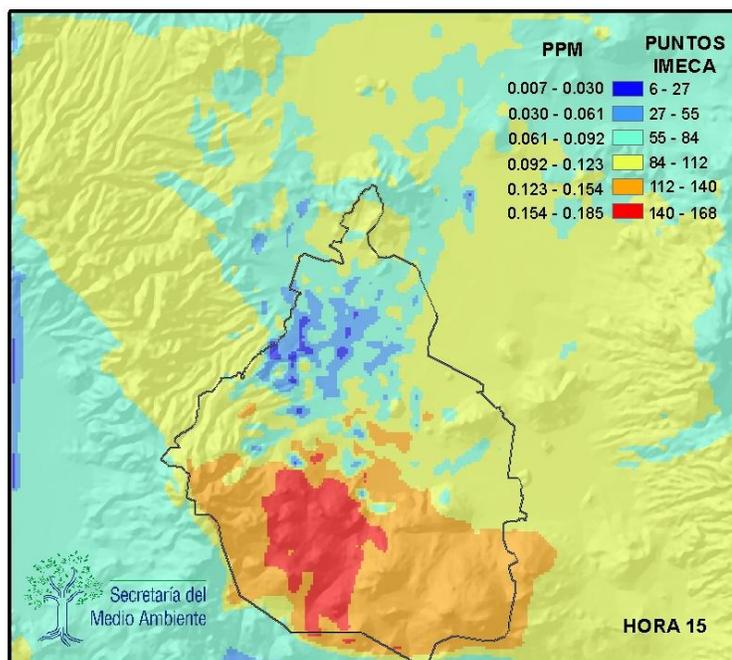


Figura 7.15 Modelación de concentraciones de ozono. Caso Base 2002.

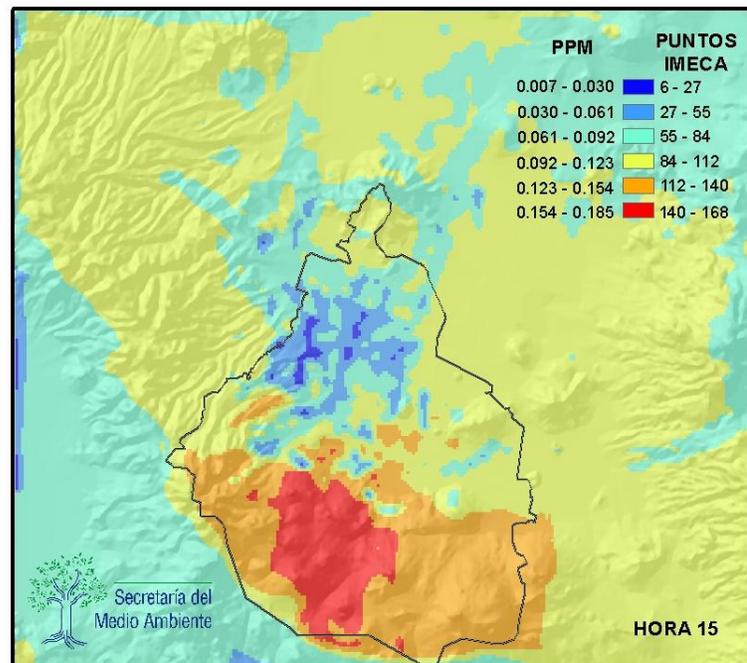


Figura 7.16. Modelación de concentraciones de ozono. 2008 Sin PROAIRE

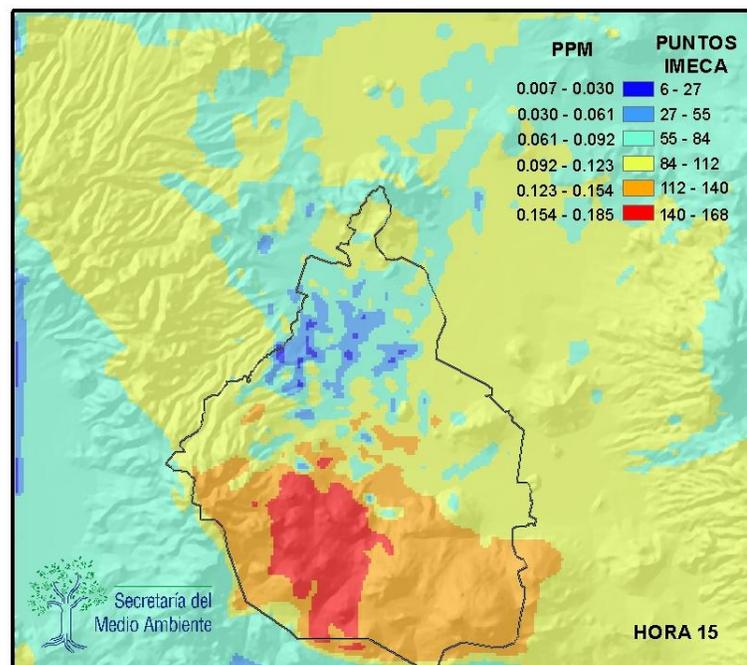


Figura 7.17. Modelación de concentraciones de ozono. 2008 CON PROAIRE

Las Figuras 7.18 y 7.19, muestran los mapas de concentración de ozono para la modelación de los escenarios en 2010, Sin PROAIRE y Con PROAIRE. De la misma forma que para el 2008, las diferencias no se aprecian claramente debido a que en este caso la disminución de NO<sub>x</sub> fue del 15% en total, pero las de COT solamente alcanzaron un 1.3% lo cual indica una muy poca disminución en los niveles de ozono.

Sin embargo, si se observa con atención, nuevamente las áreas con altas concentraciones de ozono han disminuido en el escenario Con PROAIRE.

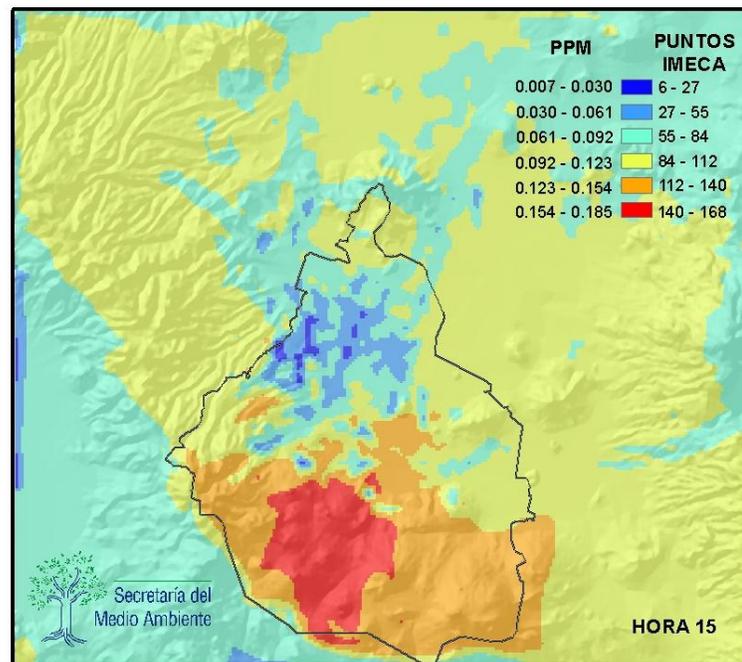


Figura 7.18. Modelación de concentraciones de ozono. 2010 Sin PROAIRE

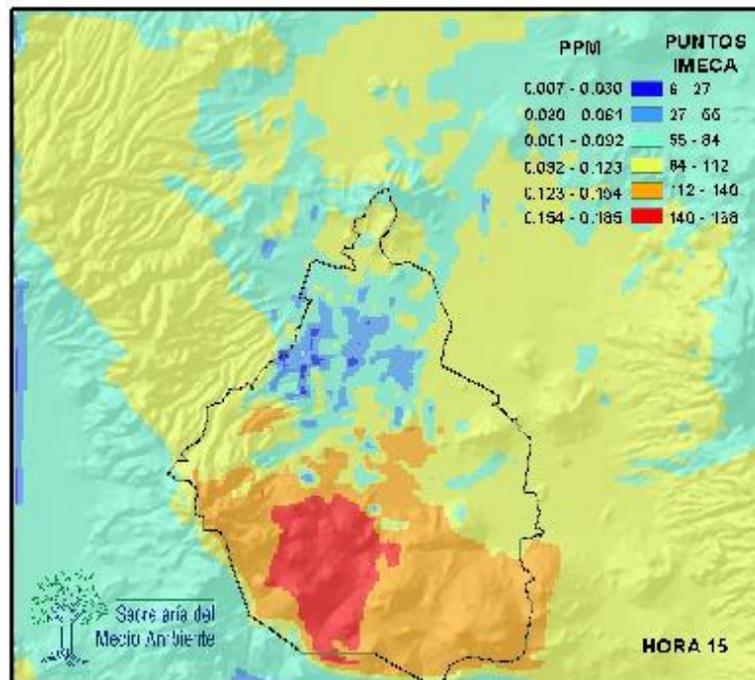


Figura 7.19. Modelación de concentraciones de ozono. 2010 Con PROAIRE

## Cambios en la concentración de ozono

Con el fin de constatar los resultados de la modelación de escenarios de calidad del aire derivados del uso del MCCM, se analizaron los mapas obtenidos de manera diferencial y a partir de este análisis se generaron las superficies de interpolación mediante el método geoestadístico de interpolación de Kriging, es decir, se realizó la resta de las concentraciones en cada zona del mapa para el caso Con PROAIRE y el caso SIN PROAIRE y se obtuvo el mapa que muestra la diferencia en concentraciones de ozono (reducciones) cuando se aplica o no el PROAIRE 2002-2010.

De esta manera, en la Figura 7-20 se pueden observar las reducciones en las concentraciones contaminantes en la zona de estudio, las cuales presentan diferencias dependiendo del día modelado debido a los cambios en la meteorología. Los mapas A, B y C muestran las reducciones obtenidas en las concentraciones de ozono aplicando las medidas del PROAIRE para el año 2008 (colores azul y amarillo), las zonas con mayor reducción se observan en el color azul intenso. Ninguna zona presentó incrementos.

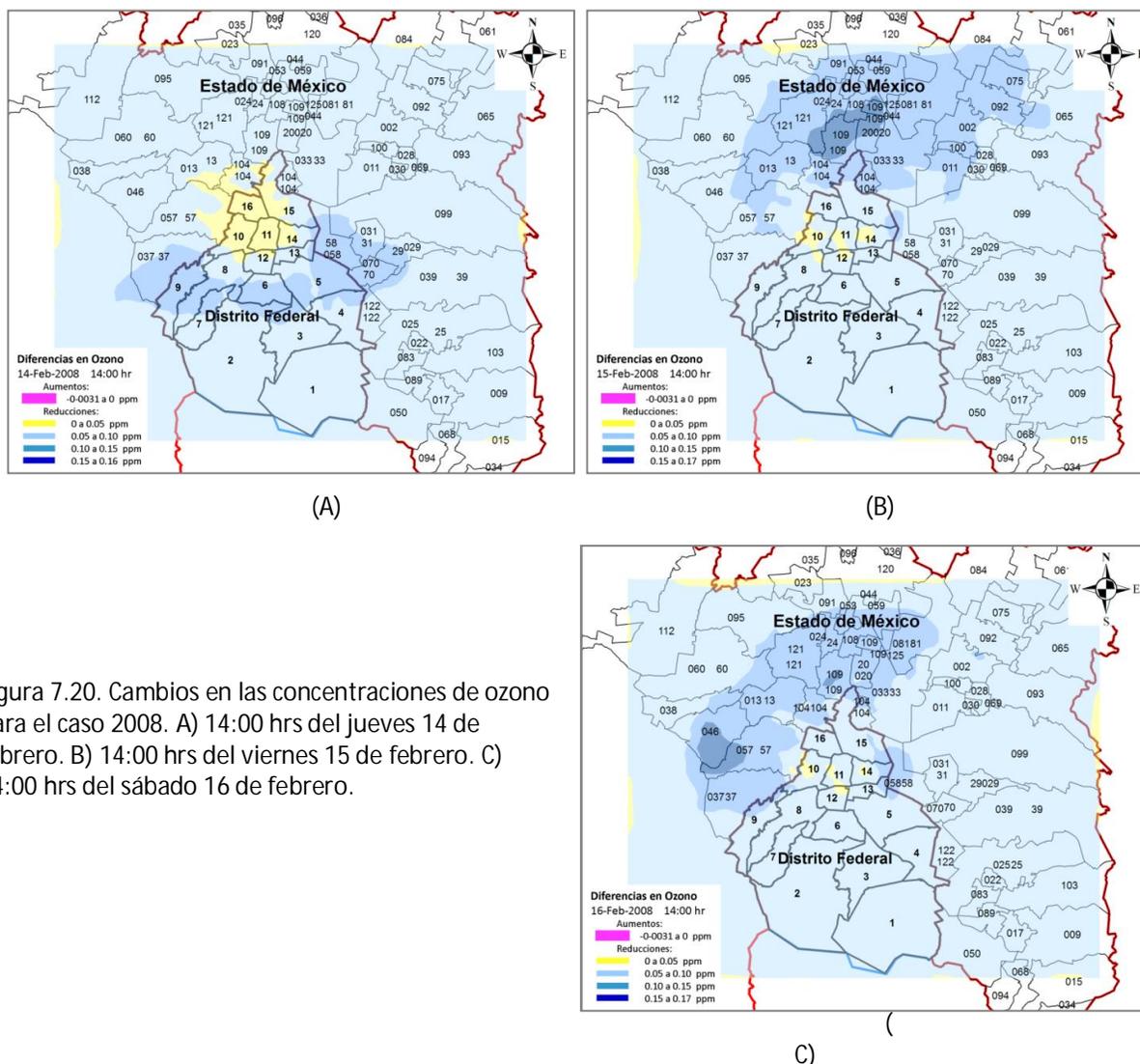


Figura 7.20. Cambios en las concentraciones de ozono para el caso 2008. A) 14:00 hrs del jueves 14 de febrero. B) 14:00 hrs del viernes 15 de febrero. C) 14:00 hrs del sábado 16 de febrero.

Al comparar las imágenes de la Figura 7-20 con los mapas de concentración de ozono en el escenario 2002 modelados para los mismos días (Figura 7.21), se puede observar que las mayores reducciones se generaron en las zonas en las que se tenían las concentraciones más altas.

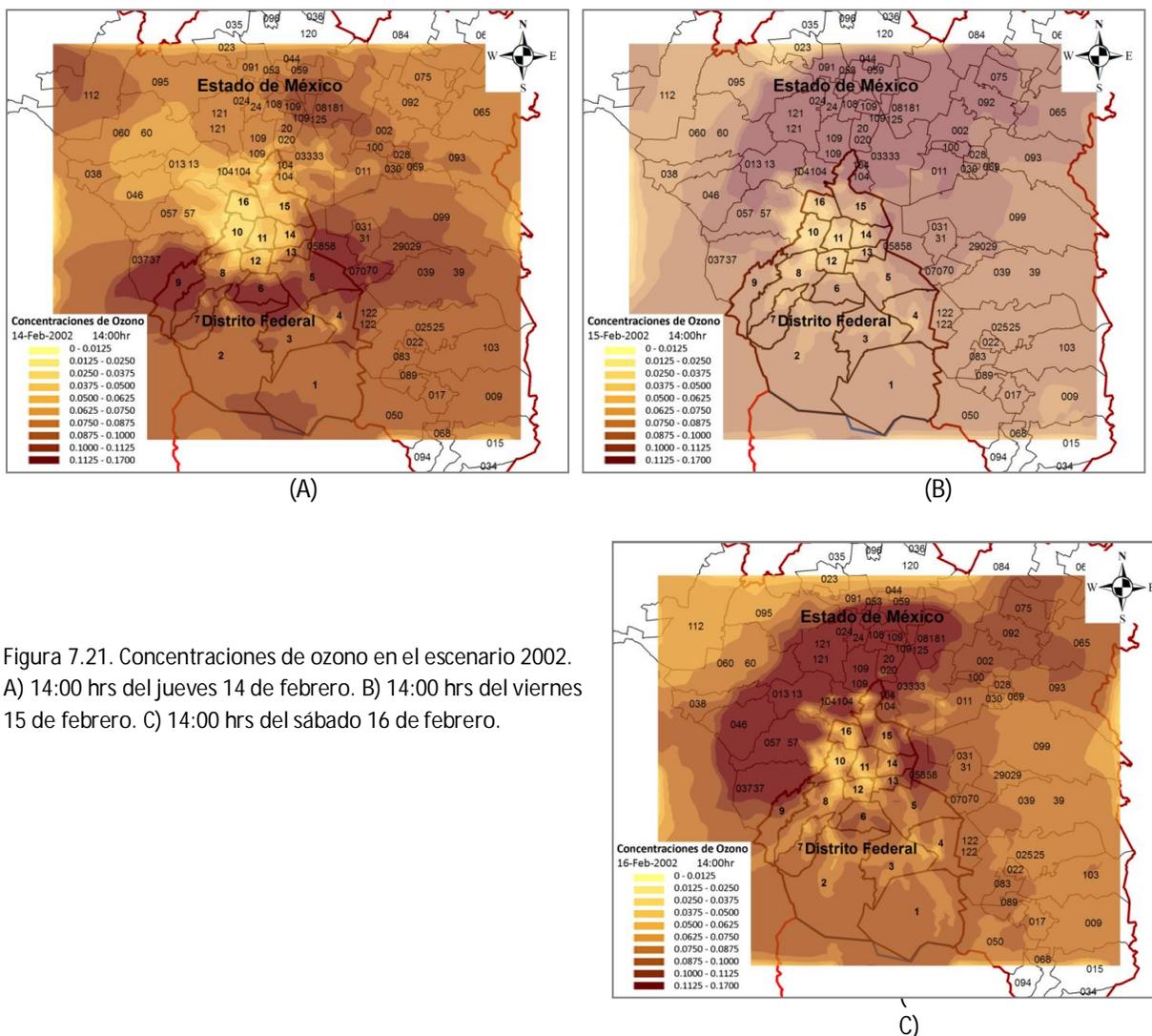


Figura 7.21. Concentraciones de ozono en el escenario 2002. A) 14:00 hrs del jueves 14 de febrero. B) 14:00 hrs del viernes 15 de febrero. C) 14:00 hrs del sábado 16 de febrero.

Para el caso del año 2010, aunque los cambios son similares al 2008 (Figura 7.22), se observan regiones con un azul más intenso que implica mayores reducciones. Nuevamente se aprecia que dependiendo del día modelado la intensidad de las reducciones en la ZMVM cambia de sitio debido al cambio en las condiciones meteorológicas.

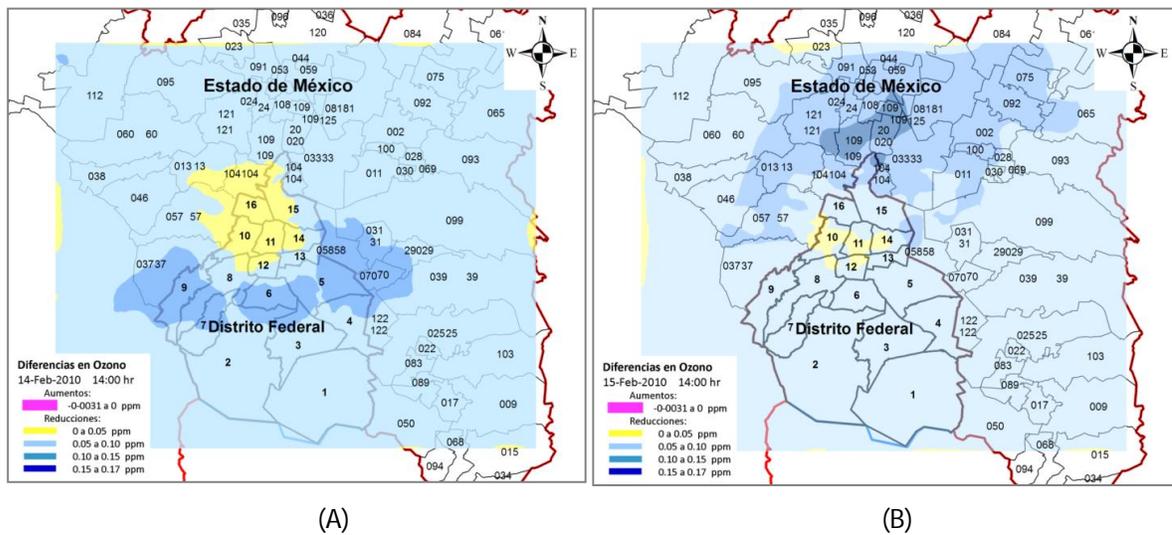
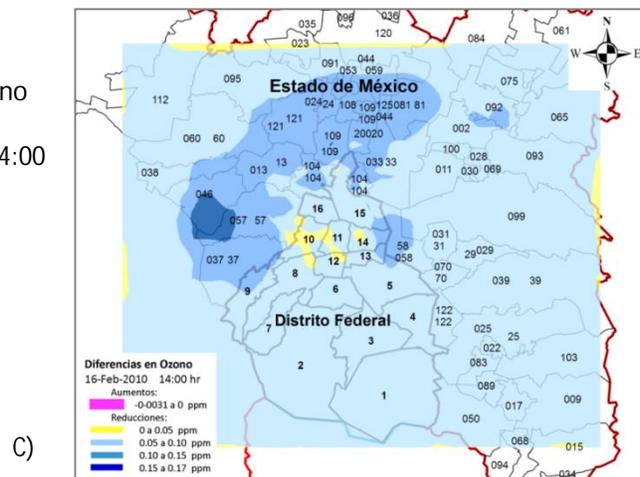


Figura 7.22. Cambios en las concentraciones de ozono para el caso 2010. A) 14:00 hrs del jueves 14 de febrero. B) 14:00 hrs del viernes 15 de febrero. C) 14:00 hrs del sábado 16 de febrero.



### Cambios en la concentración de $PM_{10}$

El mismo procedimiento se empleó para identificar las reducciones en las concentraciones de  $PM_{10}$ . La Figura 7.23 muestra los cambios en las concentraciones de este contaminante para el escenario 2008 y el escenario modelado de 2010, a las 14:00 hrs del día 14 de febrero. Se observa que para el año 2008 hay zonas con aumento de concentraciones para el día modelado (superficie gris), sin embargo para el 2010 toda la ZMVM presenta menores concentraciones de este contaminante. Un efecto similar se observa en el día 15 de febrero (Figura 7.24).

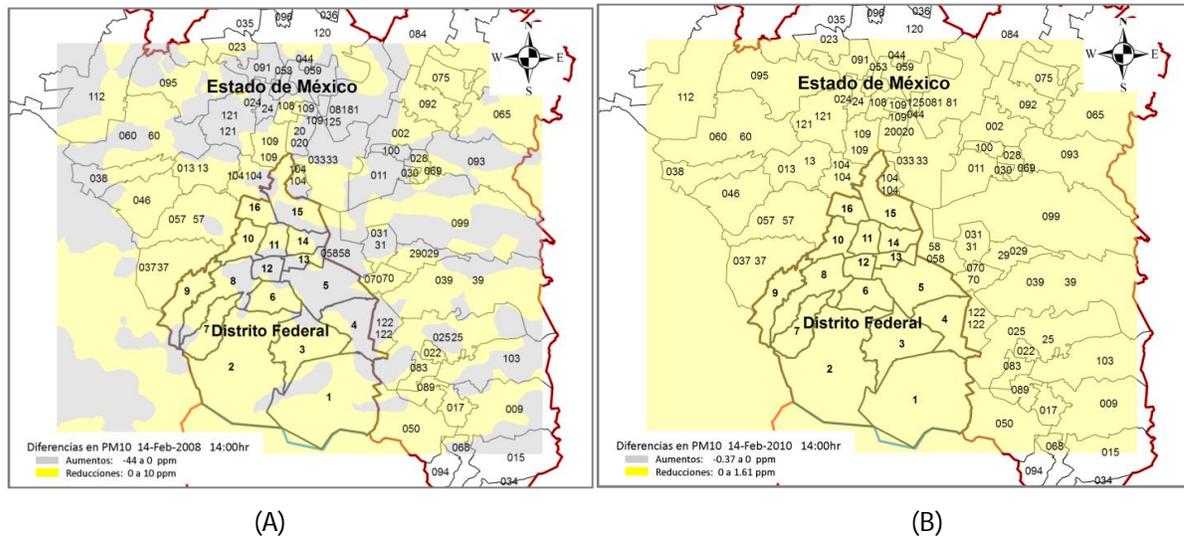


Figura 7.23. Cambios en las concentraciones de  $PM_{10}$  a las 14:00 hrs del 14 de Febrero. A) Caso año 2008. B) Caso año 2010.

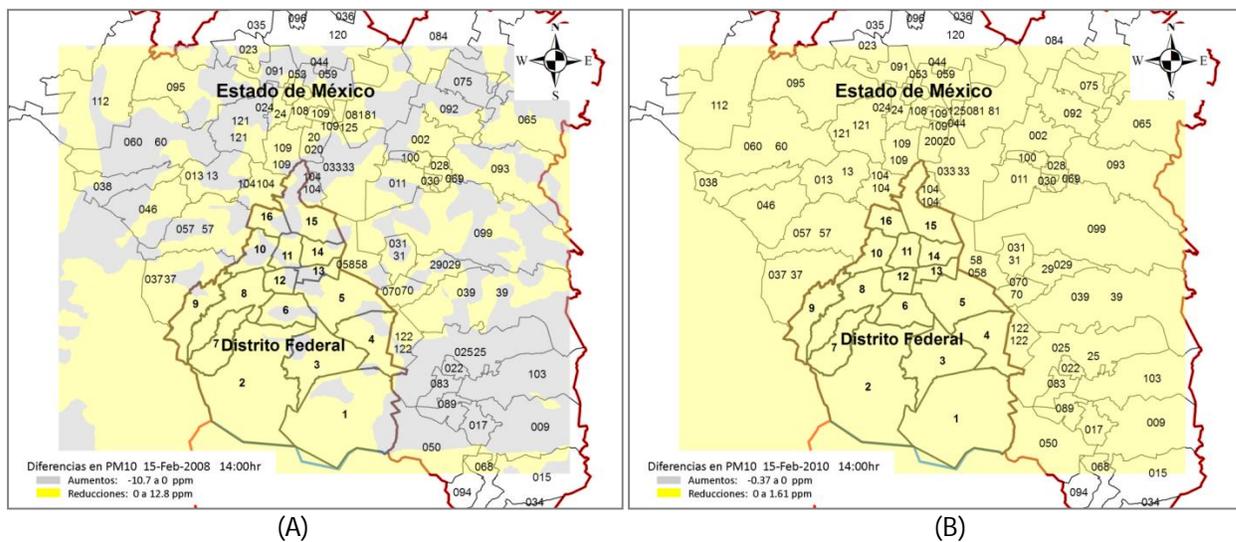


Figura 7.24. Cambios en las concentraciones de  $PM_{10}$  a las 14:00 hrs del 15 de Febrero. A) Caso año 2008. B) Caso año 2010.

### Conclusiones y Recomendaciones.

La modelación de escenarios Sin PROAIRE, ESC2008 y ESC2010 estimó concentraciones de ozono, superiores a los escenarios Con PROAIRE PB2008 y PB2010. Cuando se realizó el análisis puntual en las diferentes estaciones se observó que para los días modelados las concentraciones disminuyeron más en la zona suroeste, sureste y centro donde se apreciaron para ambos escenarios las diferencias de hasta 0.02 ppm de ozono, principalmente en los máximos, por el contrario, las zonas noroeste y noreste no mostraron cambios importantes ni en los máximos, ni en las concentraciones horarias.

Cabe mencionar que a pesar de las evidentes diferencias entre las emisiones que se determinaron para 2008 y 2010 aplicando las medidas del PROAIRE 2002-2010, frente a las que se hubieran tenido sin las

medidas del PROAIRE 2002-2010, el modelo MCCM en su plataforma visual es poco sensible para mostrar las reducciones alcanzadas en las concentraciones de ozono, debido a que las diferencias entre las concentraciones de los dos escenarios son pequeñas, por lo que se sugiere que se comience a utilizar otro modelo con mayor sensibilidad. Sin embargo, cuando se muestran solamente las diferencias entre las áreas para los escenarios Con y Sin PROAIRE, las reducciones fueron evidentes para 2008 y 2010 en el caso del ozono, principalmente en las zonas que en 2002 presentaban altas concentraciones del contaminante. Para las  $PM_{10}$  se aprecia que aunque para el 2008 ya hay importantes superficies que muestran reducciones, la disminución de partículas en toda la ZMVM se alcanza hasta el año 2010.

## 7.4 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. 2002. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE 2002-2010). México.
- CAM. Comisión Ambiental Metropolitana. (2004). Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010-Informe Ejecutivo de Avances 2002-2003. México.
- Forkel, R., & García, A. 2003. Manual del Multiscale Climatic Chemistry Model (MCCM). México.
- Márquez J., Sánchez J, Andressen R. 2001. Comparación de varios métodos para la representación cartográfica de información climática. Bioagro 13-1: 39-46.

# 8

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Resulta indiscutible que las estrategias, medidas y acciones llevadas a cabo durante el período del PROAIRE 2002 han conducido a una mayor protección de la salud de los habitantes de la ZMVM. Los niveles de concentración de la mayoría de los contaminantes criterio se redujeron considerablemente, lo que significa una mejor calidad del aire en la ZMVM.

Los estudios de salud han mostrado que durante los primeros años de implementación del PROAIRE 2002-2010 disminuyó la mortalidad y morbilidad de la población en la ZMVM. Así mismo, muestran que si en el futuro se cumplieran las normas de salud de ozono y PM<sub>10</sub> el beneficio en salud sería más del doble al alcanzado.

### 8.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RELACIONADAS CON EL ALCANCE DE LOS OBJETIVOS Y LAS METAS DE CALIDAD DEL AIRE y SALUD DEL PROAIRE 2002-2010.

Los objetivos y metas del PROAIRE 2002-2010 se enfocaron a la reducción de los niveles de concentración de los contaminantes criterio, así como a la protección de los grupos vulnerables, con el propósito de proteger la salud de los habitantes de la ZMVM de los efectos nocivos de la contaminación del aire.

En este sentido, las tres metas establecidas para el PROAIRE 2002-2010 relacionadas con el ozono, se cumplieron al eliminarse las concentraciones mayores a 200 IMECA, reducirse el número de días con concentraciones entre 101-200 IMECA en un 36% e incrementarse el número de días dentro de norma casi en un 40%. Asimismo el número de horas en que se rebasó la norma se redujo en 64% pasando de 1 297 a 466 horas.

Las metas contempladas para partículas también se cumplieron, puesto que se aumentó el número de días en que las concentraciones de PM<sub>10</sub> estuvieron dentro de la norma, a pesar de que en el período se redujo el valor de la norma de 150 a 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y se redujo también el promedio anual de las concentraciones de PM<sub>10</sub>. Por otra parte, se estableció la norma para PM<sub>2.5</sub> cuyo promedio anual ha ido disminuyendo gradualmente.

Respecto a los demás contaminantes, casi todas las metas planteadas se alcanzaron. No se rebasó ningún día la norma del precursor de ozono NO<sub>2</sub>, además de eliminarse los eventos extraordinarios de este contaminantes en los últimos años. Las concentraciones de monóxido de carbono no han excedido la norma desde el 2002 y sus niveles se han reducido en el período un 40%, sin embargo no se ha logrado establecer la norma de 9 ppm (8 horas).

Ningún día, desde el año 2003 se ha excedido la norma para SO<sub>2</sub> y se redujo la concentración promedio anual, aunque no han logrado eliminarse por completo los eventos extraordinarios.

Se recomiendan las siguientes metas y objetivos para el siguiente PROAIRE:

- Seguir priorizando las reducciones de ozono PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.
- Para el ozono, la meta a diez años deberá ser el cumplimiento de las normas todos los días del año, con énfasis en el cumplimiento del límite permisible de 0.08 ppm para el quinto máximo (concentración promedio móvil de 8 horas). Considerar la reducción de la norma horaria de 0.11 ppm.
- En este mismo sentido deberá haber una fuerte estrategia de reducción de COVs, hidrocarburos y NO<sub>2</sub> (aunque ya no se rebase la norma) con el fin de alcanzar los objetivos de reducción para el ozono, por lo que, dentro de estas estrategias debe considerarse la disminución del nivel normado de NOx y NO<sub>2</sub>.
- En cuanto a las PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, las metas a 10 años deberán ser el cumplimiento al 100% de las normas tanto de promedio diario como de promedio anual en todas las estaciones de la ZMVM, eliminar la presencia de picos horarios, establecer los IMECA para PM<sub>2.5</sub> y los métodos de referencia y equivalentes para ambos tamaños de partícula.
- Eliminar los eventos extraordinarios de SO<sub>2</sub> en todas las estaciones de la ZMVM y considerar la reducción del valor de la norma.
- Establecer la norma de CO en 9 ppm.
- Para proteger la salud de la población, se deberá incrementar la cobertura del SIMAT a los 59 municipios conurbados, principalmente en zonas industriales, zonas con alto grado de erosión y zonas con incidencia en incendios forestales. Así mismo, se deberán realizar estudios de exposición anuales para toda la población de la ZMVM.
- Es necesario considerar la inclusión del monitoreo de algunas sustancias tóxicas tanto en forma gaseosa como contenidas en partículas suspendidas, principalmente aquellas con potencial cancerígeno. Esto con base en los resultados aportados por el inventario de sustancias tóxicas, así como de los aportados por los múltiples estudios de investigación realizados durante el período de evaluación. Así mismo es importante realizar el seguimiento de la presencia espacial y temporal de algunos tóxicos, a través de proyectos de investigación promovidos con la academia.
- Es necesario equipar al SIMAT con equipos de nefelometría para la determinación cuantitativa de la visibilidad en la ZMVM.
- Es necesario realizar un mayor número de estudios epidemiológicos y de riesgo a la salud relacionados con la contaminación ambiental, para determinar con mayor precisión los beneficios en la reducción de los índices de mortalidad y morbilidad, así como de su costo en servicios de salud.
- Para cumplir con la recomendación anterior, será necesario establecer un sistema de información (de preferencia certificado, o al menos con un proceso de validación de datos) en los hospitales y centros de salud, de manera que se cuente con registros exactos sobre la incidencia de enfermedades en la ZMVM.
- Promover la participación creciente de la academia en el desarrollo de estudios relacionados con la calidad del aire y su control.
- Realizar estudios costo-beneficio, que consideren además del gasto los beneficios económicos de contar con una población saludable.
- Realizar estudios costo-beneficio que además de determinar el gasto asociado a servicios de salud, estimen la pérdida económica por inasistencias y pérdida de productividad.

- La mayoría de las metas propuestas requerirán una asignación de recursos importante, tanto para el equipamiento en la red de monitoreo, como para la realización de estudios que sustenten el conocimiento científico y fundamenten la toma de decisiones.

## 8.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL CUMPLIMIENTO Y LAS REDUCCIONES DE LAS MEDIDAS DEL PROAIRE 2002-2010

### Recomendaciones y conclusiones relacionadas con Vehículos y Transporte

Las mayores reducciones alcanzadas en emisiones del sector de vehículos y transportes se relacionan con el grupo de medidas asociadas al grupo de "Control Vehicular". El control de las emisiones de los autos de mayor edad con el programa de verificación, el programa HNC, la sustitución de convertidores y el retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes, son ejemplo de los avances alcanzados, sin embargo, es necesario seguir impulsando la sustitución de los autos de mayor edad por autos nuevos, comenzando por el sector gobierno que ha sustituido pocas unidades. Es importante reforzar la normatividad y vigilancia relacionada con vehículos usados de origen extranjero para que realicen la verificación vehicular obligatoria (medida 10).

Considerando las reducciones significativas alcanzadas por la medida relacionada con la sustitución de taxis, es fundamental no perder de vista a estas unidades y seguir promoviendo la sustitución y chatarrización de unidades viejas e insistir en las bases de taxis para evitar que circulen sin pasaje.

Para lograr una mayor reducción en las emisiones de vehículos y transportes, es impostergable la introducción de los combustibles de ultrabajo azufre que permitan la introducción de las últimas tecnologías anticontaminantes en los vehículos, por lo que se deberá insistir con PEMEX en cuanto al cumplimiento de esta medida.

Dentro de los grupos de "Transporte y Vialidad", es necesario seguir impulsando acciones relacionadas con la infraestructura vial y corredores de transporte, accesibles tanto a vehículos privados como al transporte público, así como el incremento de transporte público de alta capacidad, eficiente, seguro y poco contaminante como el metro, las unidades RTP, el metrobús, el mexibús y el transporte eléctrico. Para ello y para lograr un mayor ordenamiento de la vialidad de la ZMVM, debe seguir promoviéndose una mayor sustitución de los microbuses por transporte de alta capacidad que la prevista en la medida 9 y que solamente alcanzó un avance del 16%. Para esto, serán de gran utilidad los estudios finalizados sobre movilidad y transporte realizados durante el período de evaluación (medida 29) al igual que el registro estatal de transporte público del Estado de México (medida 31), mismo que debe integrarse con el Distrito Federal y actualizarse frecuentemente.

El cumplimiento de la medida 17, relacionada con un corredor para pruebas piloto, permite que se continúen realizando pruebas sobre nuevas tecnologías vehiculares menos contaminantes principalmente en vehículos de transporte público. Aunque ya se cuenta con la normatividad para la prueba y certificación de aditivos, habrá que continuar con una normatividad para prueba y certificación de dispositivos anticontaminantes (medida 11).

El reto más importante sigue siendo que el transporte de alta capacidad, como el metro y el tren suburbano, sea accesible a la mayor parte de la población. Que cuente con una infraestructura y paraderos seguros y con transferencias de fácil acceso, que incentiven a los propietarios de autos

privados y/o usuarios de microbuses a modificar su forma de transporte. Quedaron pendientes las acciones relacionadas con la regulación ambiental de autos extranjeros usados y con la regulación del transporte de carga.

La promoción del uso de la bicicleta, y el desarrollo de actividades que impulsen a la población a su uso, son acciones importantes ya que no solamente se promueve un medio de transporte no contaminante, sino que además genera una conciencia de participación ciudadana para lograr un mejor ambiente.

La concertación política entre las entidades será fundamental para alcanzar acuerdos que permitan la homologación en el servicio y costo del transporte público de baja, mediana y alta capacidad para que la ZMCM cuente con un sistema de transporte público unificado.

Se recomienda la realización de estudios costo-beneficio y de percepción en la población sobre los posibles cambios en el uso de transporte (privado a público, de baja capacidad a alta capacidad, etc.). Estudios que consideren los costos en tarifas y combustibles y, principalmente, que consideren el traslado entre ambas entidades. Se requiere que la información relacionada con el uso de la infraestructura vial de las nuevas vialidades y libramientos, así como con el uso del tren suburbano esté disponible, ya que no es posible realizar estimaciones sin conocer aforos vehiculares, número de viajes y usuarios, etc. En general persiste una falta de información "oficial", principalmente en el Estado de México.

Finalmente, los futuros programas de calidad del aire deberán profundizar y considerar no solamente las emisiones de contaminantes criterio, sino también de los contaminantes tóxicos y de gases de efecto invernadero (considerando que ya se cuenta con inventarios de compuestos tóxicos, compuestos orgánicos volátiles y de gases de efecto invernadero, además del de contaminantes criterio). Estos programas deberán también diseñar las estrategias y medidas de reducción comunes para lograr disminuir todas las emisiones. Para ello, es necesario que la información se actualice lo más frecuentemente posible y tener la posibilidad de obtener estimaciones y evaluaciones más precisas.

### Recomendaciones y conclusiones relacionadas con Industria

La crisis económica presente en el país dificultará en los próximos años el avance de las medidas relacionadas con el mejoramiento ambiental de las industrias. El incentivo actual de la exención no es suficiente, ni tampoco lo son los estímulos fiscales para que la empresa mediana y grande se incorpore a la autorregulación y realice modificaciones para ser una industria más limpia. Será necesario incorporar nuevos esquemas y estímulos, así como impartir seminarios y cursos costo-beneficio para que puedan sumarse la industria pequeña y la microempresa a la aplicación de medidas de control y ahorro de energía.

En el diseño del próximo Programa de Calidad del Aire, se deberá incorporar el impacto de estrategias y medidas en la reducción, no solamente de contaminantes criterio, sino también de contaminantes tóxicos, considerando que ya se cuenta con un inventario de dichas emisiones. Así mismo, deberán considerarse los impactos que habría en la emisión de gases de efecto invernadero, lo cual apuntaría al aprovechamiento de otras fuentes de energía en procesos industriales sustentables y no contaminantes.

Es muy importante contar con información periódica, actualizada e integrada de las distintas entidades para lograr una mayor certidumbre en la estimación de las emisiones debidas a las fuentes fijas. En el caso de las termoeléctricas es imperativo tener estudios fidedignos sobre sus sistemas de control de contaminantes, sus emisiones a la atmósfera y la forma en que están impactando a toda la ZMVM.

### Recomendaciones y conclusiones relacionadas con Servicios

De la misma forma en que se hizo la recomendación para la industria, es importante que la CAM fomente y promueva medidas para que sea rentable la mejora en el desempeño ambiental en el Sector de Servicios. La capacitación, el fomento y los estímulos para la autorregulación deben ser medidas importantes en el futuro para que este sector disminuya sus emisiones a la atmósfera. Las fuentes de área de este sector están experimentando un crecimiento importante y será necesario emitir normas que obliguen al control de emisiones principalmente de COVs.

La medida más exitosa de este sector fue la relacionada con la recuperación de vapores de las estaciones de servicio con reducciones de COVs superiores a 13 000 ton/año, lo cual muestra la importancia en la regulación de las fuentes de área.

Es necesario que se lleve a cabo una homologación de las normas establecidas en el Distrito Federal con el Estado de México, principalmente en el caso de la medida relacionada con las estaciones de servicio que ya probó su eficiencia durante este PROAIRE, y en el de la medida relacionada con la disminución de fugas de Gas LP.

Tanto para el Distrito Federal como el Estado de México, la promoción del uso de la energía solar en sustitución de combustibles fósiles, deberá ser una prioridad en el futuro, puesto que además representará importantes reducciones de gases de efecto invernadero.

Las medidas 6 y 7, relacionadas con pedreras y ladrilleras, pueden representar una disminución muy importante de emisión de partículas a la atmósfera, por lo que deben ser retomadas, además de que es necesaria la realización de estudios relacionados con la emisión de contaminantes tóxicos en las tabiqueras.

Lo anterior, pone nuevamente de manifiesto la necesidad de que en el próximo Programa de Calidad de Aire se consideren los beneficios que diferentes estrategias y medidas representan en la reducción no solo de las emisiones de contaminantes criterio, sino también de contaminantes tóxicos y de gases de efecto invernadero.

### Conclusiones y Recomendaciones relacionadas con la Conservación de Recursos Naturales

Es prioritario el cumplimiento estricto de la normatividad en cuanto al ordenamiento ecológico, uso de suelo y contención de la mancha urbana.

Ha habido una recuperación importante de áreas verdes en la ZMVM, tanto de zonas urbanas como de rurales y de áreas naturales protegidas. Este aumento de la cobertura vegetal, además de la producción de oxígeno y absorción de carbono, retiene e infiltra agua, reduce la erosión del suelo y contribuye a la remoción de contaminantes, sin embargo es necesaria la recuperación de una mayor superficie.

Es necesario incrementar los esfuerzos y las acciones para el manejo y conservación de las ANP, por lo que se requiere estrechar los vínculos entre las entidades de la ZMVM para fortalecer la protección y restauración de dichas áreas principalmente en la prevención y combate de incendios forestales.

En ambas entidades se requiere continuar con planes de reforestación en las zonas más erosionadas y establecer programas para la conservación y reproducción de fauna nativa. Es necesario continuar con los apoyos y mecanismos compensatorios a campesinos y propietarios rurales que presten servicios ambientales, ya que el cuidado y protección de los suelos rurales y de conservación coadyuva en la recarga de acuíferos y en la reducción de contaminantes atmosféricos.

Es imprescindible que en el futuro programa de Calidad de Aire, se realice la estimación conjunta de la absorción de gases de efecto invernadero y de la absorción y retención de contaminantes criterio que se lleva a cabo en zonas forestales, suelos de conservación, áreas naturales protegidas y en general por cualquier cobertura vegetal, con el fin de que la conservación de los recursos naturales sea considerada también como una inversión rentable que pueda ser cuantificada en un análisis costo-beneficio.

Se necesitan realizar estudios para establecer (con una metodología que ofrezca mayor certidumbre) la contribución de los suelos erosionados en la ZMVM a la presencia de partículas atmosféricas. Así mismo, se necesita desarrollar una metodología para estimar las emisiones de contaminantes criterio como consecuencia de los incendios forestales, de forma similar a la que se realiza para la emisión de gases de efecto invernadero.

Para poder realizar las estimaciones cuantitativas de los beneficios ambientales alcanzados por las acciones realizadas, será necesario contar con informes anuales de ambas entidades sobre los resultados precisos alcanzados en la recuperación de suelos de conservación, agrícola y áreas naturales protegidas, así como de la reducción de suelos erosionados,.

### Conclusiones y Recomendaciones relacionadas con salud

La revisión de los niveles normados de los contaminantes criterio deberá ser sistemática y constante. Se puede proponer en el corto plazo la actualización de las normas de CO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> a los estándares internacionales de la OMS o la EPA-California.

Es importante realizar más estudios y difundir los resultados de aquellos ya terminados que vinculan el costo de las enfermedades producidas o agravadas por la contaminación ambiental con la pérdida de productividad y capital humano, para que tanto el sector privado como el público tomen conciencia y puedan estimar cuantitativamente el beneficio de realizar acciones e invertir en medidas de control para reducir las emisiones contaminantes.

Por otra parte, es urgente contar con estudios y datos de niveles de los contaminantes tóxicos, factores de emisión de sus fuentes (vehiculares, o fijas) y posibles daños a la salud, para establecer instrumentos, recomendaciones o normas para disminuir el riesgo a la salud de la población.

Los futuros programas de gestión de calidad del aire deben incluir programas de monitoreo de los contaminantes tóxicos presentes en la ZMVM.

### Conclusiones y Recomendaciones relacionadas con Educación Ambiental

La educación ambiental debe ser incluida formalmente en todos los niveles de educación escolar. Para ello, puede convocarse a las instituciones de educación para que retomem la Agenda de Educación Ambiental en la ZMVM.

Es necesario continuar e incrementar los cursos de capacitación y promoción ambiental en todos los sectores de la sociedad, para lo cual los instructores deberán profesionalizar sus conocimientos en materia ambiental.

La educación ambiental informal dirigida a la ciudadanía deberá desarrollarse de manera permanente, a través de campañas masivas pues es la base para lograr la participación total de la sociedad y lograr alcanzar el desarrollo sustentable de la ZMVM.

Se deben realizar convenios con radio y televisión para la difusión de conocimientos actualizados sobre contaminación atmosférica, así como de campañas enfocadas a la modificación de actitudes que

proporcionen una mayor conciencia y convoquen a la población al cambio de hábitos y comportamientos que contribuyan a un medio ambiente saludable.

La promoción de campañas de uso de la bicicleta y la caminata, tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México, es importante, no solamente como una alternativa al transporte contaminante, sino porque promueve una actitud de protección al ambiente asociada a una vida saludable. El desarrollo de competencias y paseos dominicales contribuye a este objetivo por lo que se recomienda se lleven a cabo tanto en el Distrito Federal como en el Estado de México.

### Conclusiones y Recomendaciones relacionadas con el Fortalecimiento Institucional

Durante el PROAIRE 2002-2010 se llevaron a cabo acciones para la obtención de información y de equipos que fortalecieron a las Secretarías del Medio Ambiente de ambas entidades y mejoraron sus capacidades de monitoreo, prevención y educación, además de los múltiples proyectos que incrementaron el conocimiento sobre la Contaminación en la ZMVM.

La modernización del Sistema de Monitoreo Atmosférico ha sido determinante para el desarrollo y seguimiento de las estrategias para reducir las emisiones. Sin embargo, en el corto plazo habrá de ampliarse, de manera que la extensión de la ZMVM que se decretó en el 2006, aumentando a 59 los municipios conurbados quede cubierta por la red de monitoreo. La medición de la visibilidad es un asunto pendiente e importante de concretar a corto plazo, ya que será un parámetro importante de seguimiento de la contaminación por partículas finas.

Indudablemente la publicación por primera vez de los Inventarios de Sustancias Tóxicas, de Compuestos Orgánicos Volátiles y de Gases de Efecto Invernadero para la ZMVM es un logro que será importantísimo para el diseño del próximo Programa de Calidad del Aire. Sin embargo es necesario actualizarlos permanentemente y en el caso del inventario de sustancias tóxicas, debe ampliarse el número de compuestos químicos, de modo que queden incluidas todas las sustancias del RETC. Estos inventarios han puesto de manifiesto la necesidad de incluir y regular a un mayor número de fuentes de área, cuyas emisiones han ido en aumento y son las que más contribuyen a la presencia de COVs, algunos de los cuales son tóxicos además de ser importantes precursores del ozono.

En cuanto a la publicación bianual de los Inventarios de Emisión de Contaminantes Criterio, que constituye la pieza fundamental de la Gestión de la Calidad del Aire, se requiere que se continúen los esfuerzos, que se actualicen algunas metodologías y que se incorporen otras, como es el caso de la contribución de suelos erosionados, incendios forestales y suelos agrícolas a la emisión de partículas.

Es importante que se inicie una cultura de contabilización precisa del gasto que las medidas ambientales representa y se compare también en forma muy precisa con los beneficios económicos que se logran en salud, mantenimiento de materiales, etc. Ello coadyuvará a una mejor conciencia de la conveniencia de invertir en la promoción de un ambiente limpio.

Una limitación importante en la evaluación de este PROAIRE 2002-2010, fue la escasez de información que no permitió determinar tiempos de instrumentación, desarrollo de actividades en el tiempo, costos y beneficios. Por ello, se recomienda que los grupos realicen anualmente evaluaciones de los programas, de manera que se establezca una cultura de información precisa y homogénea entre las entidades, que permita al evaluador determinar los puntos débiles del programa, las razones de los retrasos, los costos y por supuesto la eficacia en el desarrollo de las medidas en el abatimiento de la contaminación atmosférica.

Finalmente, queda pendiente el reto importantísimo de lograr que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público acceda a la reactivación del FIDAM, cuando aun se cobra el sobreprecio en las gasolinas para el

“apoyo a proyectos ambientales”. Este fondo representó para el PICCA, PROAIRE I y PROAIRE 2002-2010 uno de los instrumentos fundamentales para la obtención de resultados, ya que se apoyó una gran cantidad de proyectos desde investigación y educación ambiental, hasta la recuperación de zonas verdes. Y aunque tanto el Distrito Federal como el Estado de México han presupuestado importantes fondos de fomento ambiental, será estratégico el contar con la reactivación del FIDAM.

## 8.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RELACIONADAS CON LAS FORTALEZAS Y DEBILIDADES EN LA INSTRUMENTACION DEL PROAIRE 2002-2010

### Fortalezas

Una de las fortalezas más importantes de este PROAIRE fue el reforzamiento de los marcos normativos en casi todos los sectores, lo cual fue la base del cumplimiento de un buen número de medidas, además de asegurar reducciones en los próximos años.

La priorización de estrategias y medidas relacionadas con la disminución de emisiones contaminantes de las fuentes móviles fue muy acertada puesto que aseguró la reducción de importantes emisiones a la atmósfera. Por esto en el siguiente programa deberá continuarse tanto con las acciones dirigidas a mantener una flota vehicular verificada y moderna, así como con las que privilegien el incremento y ordenamiento del transporte público de alta capacidad con bajas o nulas emisiones contaminantes.

La actualización permanente del PCCA y de las normas de calidad ambiental ha sido una de las fortalezas de este PROAIRE ya que muestra la priorización del bienestar de la población a través de la búsqueda de la disminución de riesgos ambientales. Para conseguirlo han sido determinantes la actualización del SIMAT y de los inventarios de contaminantes criterio, así como la publicación de los inventarios de contaminantes tóxicos y de gases de efecto invernadero, mismos que han proporcionado herramientas muy valiosas para el seguimiento del PROAIRE. Por ello deben asignarse recursos para el mejor desempeño de las entidades que los manejan, la determinación de factores de emisión locales será una consideración importante en futuros programas. Así mismo, la extensión de la red a los municipios conurbados incluidos en los siguientes PROAIRES será fundamental, al igual que la inclusión en los inventarios de las emisiones contaminantes y de los sumideros de estas zonas.

En cuanto a los co-beneficios relacionados con la reducción de otras emisiones a la atmósfera, diversas publicaciones científicas reportan la disminución de algunos contaminantes tóxicos, especialmente de COVs. Así mismo, aunque no se contemplaron medidas específicas para el control de los gases de efecto invernadero, algunas de las acciones del PROAIRE 2002-2010 coadyuvaron también a la reducción de estos gases. Por ello, es necesaria la integración de medidas que consideren en forma simultánea la reducción de emisiones de contaminantes criterio, de contaminantes tóxicos y de gases de efecto invernadero, para el diseño del próximo programa de calidad del aire.

Si bien una fortaleza de este programa fue la concertación entre diferentes sectores para realizar acciones conjuntas, en la práctica se observó poca coordinación entre los mismos. El avance en las medidas se debió más a labores locales o de dependencias gubernamentales específicas, cuyo trabajo

contemplaba la realización de las actividades. Por ello, deberá diseñarse una estrategia que promueva la reunión de los representantes de diferentes grupos, sectores y dependencias gubernamentales en forma periódica.

Una fortaleza incuestionable de este programa fue la contribución y colaboración de la comunidad científica en la realización de proyectos relacionados con la calidad del aire: las campañas MCMA-2003 y MCMA-2006 (MILAGRO) han proporcionado una gran cantidad de información sobre niveles de contaminación, caracterización de contaminantes y estudios específicos que deberán ser considerados dentro de las medidas del próximo programa.

Entre las contribuciones científicas se encuentra el estudio de salud realizado por el Instituto de Salud Pública con recursos del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, que relaciona el impacto de la contaminación ambiental con la morbilidad y mortalidad de la población de la ZMVM, este estudio es una importante fortaleza de este programa que impactará en forma determinante el diseño del siguiente programa de calidad del aire.

### Debilidades

El no contar con los costos asociados a los servicios de salud, ha sido una fuerte limitante en la creación de políticas y asignación de recursos orientados a disminuir la contaminación atmosférica. Es de vital importancia acelerar dichos estudios y hacerlos del conocimiento de la comunidad científica para concretar la realización de propuestas.

Dentro de las principales debilidades de este programa, está la falta de concordancia entre el tipo de información y documentación de las diferentes instancias gubernamentales. No se utilizan los mismos programas, no hay similitudes en los portales electrónicos, y en varios casos hay ausencia total de información pública sobre la implementación de acciones. Las mismas direcciones generales no cuentan en ocasiones con la información de sus propias secciones. Así mismo, la asignación de recursos para llevar a cabo acciones similares, no se cumple de igual manera en los gobiernos locales.

A pesar de que en el año 2004 se realizaron una serie de talleres organizados por la CAM para mantener a los Grupos de Trabajo enfocados en lograr los objetivos pre-establecidos, llevar un orden en la ejecución de las medidas y un seguimiento sistemático de los resultados que se producían, así como para detectar a tiempo, corregir y/o mitigar las desviaciones de los programas establecidos en las rutas críticas de cada medida, no se realizó un seguimiento periódico y sistematizado del desarrollo de las medidas por los grupos responsables. Tampoco existen informes o bitácoras de instrumentación y/o costos, lo cual no solamente hizo difícil la evaluación de este programa, sino que al no llevar a cabo acciones de seguimiento, se dificultó la detección del incumplimiento o de la lentitud de algunas medidas, de manera que fue imposible que pudiesen establecer acciones de corrección o aceleramiento de las mismas durante la instrumentación de los programas.

La estrategia de integrar la política de desarrollo urbano con transporte y calidad del aire, tuvo resultados muy pequeños ya que durante el desarrollo del programa, no se realizó la integración de las Secretarías de Desarrollo Urbano con los demás actores, por ello, se recomienda establecer desde la planeación, la política de vinculación con las dependencias de desarrollo Urbano.

La falta de información y las inconsistencias observadas durante el proceso de evaluación de este programa, reflejan que la política ambiental en la ZMVM sigue enfrentando importantes problemas de coordinación. Esta falta de coordinación es más aguda en lo que se relaciona a la homogeneidad en el tipo, cantidad y calidad de la información de las dos entidades de la ZMVM, aunque también se presenta al interior de las administraciones locales.

Probablemente la nueva estructura y los nuevos lineamientos de la CAM, posibilitarán una mejor coordinación entre los diferentes actores involucrados en el desarrollo de los programas de la calidad del aire, sin embargo, es necesario asegurar que durante el desarrollo del próximo PROAIRE se proporcionen los recursos necesarios para que exista una oficina avocada a la recopilación periódica de la información, de manera que anualmente se produzcan informes muy bien documentados del seguimiento de cada uno de los grupos que conforme el próximo programa. Dicha oficina deberá realizar una planeación de reuniones periódicas entre los responsables o integrantes de los grupos para que haya discusión y retroalimentación sobre el desarrollo del Programa. Se recomienda también que una institución académica independiente de la gestión pública realice al menos una evaluación bianual del programa.

Aunque se han alcanzado avances substanciales en la calidad del aire de la ZMVM, sigue habiendo un buen número de días con mala calidad del aire, lo cual es violatorio al derecho humano de un medio ambiente saludable. Por ello, es imperativo que las políticas públicas que se establezcan tengan un impacto significativo en la reducción de los niveles de contaminación ambiental, de manera que se alcancen por lo menos los estándares actuales, pero siempre con la mira a alcanzar el cumplimiento de los niveles internacionales más estrictos.

## ANEXOS

Clave: G8-1-PT1	Grupo: 8-Normatividad	Páginas: 2
MEDIDA 1. Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina.		

Las modificaciones a la norma NOM-042-SEMARNAT-2003 regulan las emisiones de vehículos nuevos de menos de tres toneladas a gasolina. El cuadro G8-1-PT1-01 muestra un comparativo básico entre los parámetros de las normas correspondientes. El cuadro G8-1-PT1-02 presenta un estimado de las flotas vehiculares afectadas por estos cambios incluyendo las proyecciones a corto plazo (Hernández 2009).

Cuadro G8-1-PT1-01. Comparativo de los parámetros básicos de la norma.

Estándar	Clase	NOM-042-ECOL-1999				NOM-042-SEMARNAT-2003			
		CO	NOx	HCNM	HCev	CO	NOx	HCNM	HCev
C	VP	2.11	0.25	0.156	2.0	2.11	0.068	0.047	2.0
	CL1 y VU	2.11	0.25	0.156	2.0	2.11	0.068	0.047	2.0
	CL2 y VU	2.74	0.44	0.20	2.0	2.11	0.068	0.047	2.0
	CL3 y VU	2.74	0.44	0.20	2.0	2.11	0.124	0.087	2.0
	CL4 y VU	3.11	0.68	0.24	2.0	2.11	0.124	0.087	2.0

Cuadro G8-1-PT1-02. Estimación de flotas vehiculares afectadas por las modificaciones a la norma.

Año	AP	TAX	CO	MIC	PU	V <= 3	Total
2007	265,638	7,878	1,845	119	4,793	1,106	281379
2008	214,604	15,651	1,001	508	5,864	2,185	8049
2009	263,875	2,970	1,757	116	7,905	1,099	9004
2010	291,171	10,503	976	501	7,738	2,003	9741

Los datos de actividad que se presentan en el cuadro G8-1-PT1-03.

Cuadro G8-1-PT1-03. Datos de actividad.

Dato	CO	PU	MIC	V <= 3
Km/día	200	77	200	60
día/año	365	365	365	365
A (km/año)	73000.0	28236.4	73000.0	21900.0

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

El cuadro G8-1-PT1-04 resume las reducciones en las emisiones contaminantes estimadas para la instrumentación de la medida.

Cuadro G8-1-PT1-04. Reducción de emisiones al año correspondiente (ton/año).

Año	CO	NOx	HCNM	Total
2007	245	934	529	1,707
2008	562	1,870	1,048	3,480
2009	950	2,805	1,559	5,314
2010	1,350	3,909	2,169	7,428
TOTAL	3,106	9,518	5,305	17,929

Para la estimación de los efectos en las emisiones de GEI se determinaron los factores de emisión con base en el rendimiento de los vehículos (EPA 2009) y los factores de emisión específicos por combustible (IPCC 2006).

Cuadro G8-1-PT1-05. Factores de emisión de CO<sub>2</sub> (kg/km).

Clase	1999	2003-2010
VP	0.080	0.085
CL1 y VU	0.080	0.085
CL2 y VU	0.256	0.260
CL3 y VU	0.256	0.260

Los cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro G8-1-PT1-06. Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> (ton/año).

Año	CO <sub>2</sub>
2007	-22,278
2008	-21,330
2009	-20,330
2010	-24,828

Signo menos (-) significan aumentos en las emisiones.

## Referencias

Hernández, A. Tesis: Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios. México, 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México:, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009.Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G7-1-PT2	Grupo: 7-Energía	Páginas: 2
Medida 2. Reducción del contenido de azufre en la gasolina a 50 ppm.		

Las emisiones de azufre como gases de SO<sub>2</sub> y sulfatos en PM<sub>10</sub> se determinaron con en la diferencia en las concentraciones de azufre de las gasolinas. Se observa una tendencia a la baja en el consumo de gasolina Premium y un aumento en el consumo de Magna por lo que se analizó el efecto integrado de las emisiones.

Dado a que los efectos de la crisis económica global no estaban considerados en las prospectivas de petrolíferos publicadas por la Secretaría de Energía se procedió a realizar una proyección de las ventas de gasolinas en el Estado de México y el Distrito Federal, particular para este análisis.

La ecuación 1 cumple con un  $valor-p < 0.0000$  lo cual confirma que cumple con una relación estadísticamente significativa entre gasolinas y el PIB para un nivel de confianza del 99%. Con base en esta relación y las proyecciones econométricas del PIB presentadas por en Banco de México (Banco de México 2008) se generó el cuadro G3-1-PT2-01.

$$Gasolinas = -60.5329 + 0.000445778 * PIB \quad (1)$$

$$R^2 \text{ (ajustado para g.l.)} = 89.8307 \%$$

$$\text{Error estándar} = 32.0177$$

Cuadro G3-1-PT2-01. Histórico y proyección de consumo de gasolinas en la región.

AÑO	Premium (m3 /año)			Magna (m3/año)		
	DF	EM	Total	DF	EM	Total
2002	574,173	269,260	843,433	3,435,944	2,184,604	5,620,548
2003	619,967	269,260	889,227	3,435,944	2,184,605	5,620,549
2004	665,761	312,210	977,971	3,445,562	2,190,720	5,636,282
2005	688,293	312,210	1,000,503	3,445,590	2,190,721	5,636,311
2006	710,825	333,343	1,044,168	4,046,208	2,572,617	6,618,825
2007	637,636	299,021	936,657	3,507,499	2,230,100	5,737,599
2008	541,134	253,766	794,900	4,431,744	2,817,744	7,249,488
2009	458,665	215,092	673,757	3,748,525	2,383,347	6,131,871
2010	475,709	223,085	698,793	3,887,815	2,471,909	6,359,724

La DPCAIE-SMADF proporcionó la información sobre las características de las gasolinas que se distribuyen en la ZMVM<sup>4</sup> (cuadro G7-1-PT2-02).

Cuadro G7-1-PT2-02. Características de gasolinas distribuidas en la ZMVM.

Periodo	Contenido de Azufre (ppm)	
	Premium	Magna
Oct-2006 y ant.	85	310
Oct-2006 y post.	30	310
Densidad	0.734	0.730

Mediante balance de materia de determinó el volumen de azufre correspondiente a los consumos de gasolina (cuadro G3-1-PT20-03).

Cuadro G7-1-PT2-03. Total de emisiones de Azufre (ton/año).

<sup>4</sup> Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

AÑO	ANTES			DESPUÉS		
	DF	EM	Total	DF	EM	Total
2007	833.5	523.3	1,356.9	807.8	511.3	1,319.0
2008	1,036.7	653.5	1,690.2	1,014.8	643.2	1,658.1
2009	876.9	552.8	1,429.7	858.4	544.1	1,402.5
2010	909.5	573.3	1,482.8	890.3	564.3	1,454.6

El azufre se emite principalmente como SO<sub>2</sub> gaseoso y SO<sub>4</sub><sup>2=</sup> en forma de PM10. Para determinar las diferencias en las emisiones de cada contaminante se aplicó la ecuación (2):

$$\Delta E_{i,j} = \Delta W_i * FE_{i,j} * A_i \quad (2)$$

En donde:

$\Delta E_{i,j}$  = Diferencia en las emisiones del contaminante j en el año i (ton/año).

$\Delta W_i$  = Diferencia en las emisiones de azufre en el año i (ton/año).

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión del contaminante j en el año i.

$A_i$  = Coeficiente estequiométrico del contaminante j.

Tal que:

Para el SO<sub>2</sub>:  $FE_{i,SO_2} = 0.957$  ,  $A_{SO_2} = 2$   
 Y para el PM10:  $FE_{i,PM10} = 0.043$  ,  $A_{PM10} = 3$

Los cuadros G7-1-PT2-04 y G7-1-PT2-05 presentan las reducciones en las emisiones.

Cuadro G7-1-PT2-04. Reducción de emisiones de SO<sub>2</sub> (ton/año).

AÑO	DF	EM	Total
2008	41.8	19.6	61.4
2010	36.8	17.2	54.0

Cuadro G7-1-PT2-05. Reducción de emisiones de sulfatos como PM10

AÑO	DF	EM	Total
2008	2.8	1.3	4.1
2010	2.5	1.2	3.6

## Referencias

Banco de México. 2008. Expectativas de los especialistas en economía. México: Banco de México.

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2009. 3er Informe de Gobierno 2008-2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México:, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

Clave: G4-1-PT3	Grupo: 4-Vialidad	Páginas: 3
Medida 3. Mejoramiento continuo del programa de verificación vehicular obligatoria.		

La norma NOM-041-SEMARNAT-2006 reduce, en promedio, a la mitad los límites de emisión para los vehículos a gasolina en que circulan en la ZMVM. Los cuadros G4-1-PT3-01, G4-1-PT3-02, G4-1-PT3-03 presentan un estimado de las flotas vehiculares que serán rechazadas en el primer intento de verificación durante el 2008 y el 2010 respectivamente, y que, por lo tanto, deberán dar mantenimiento a sus unidades para obtener la calcomanía de verificación y poder circular, los factores de emisión respectivos y datos de actividad.

Cuadro G4-1-PT3-01. Unidades afectadas durante el 2008 por las modificaciones a la NOM-041-SEMARNAT-2006.

Unidades afectadas	2,400,000
--------------------	-----------

Cuadro G4-1-PT3-02. Factores de emisión.

Caso	CO	NOx	HC	CH <sub>4</sub>	COV
Antes	22.2203	1.9900	1.2100	0.0520	1.1386
Después	19.6800	1.9205	1.0504	0.0452	0.9884

Cuadro G4-1-PT3-03. Datos de actividad.

km/día	días/año	km/año
46	301	13846

Mediante el modelo Mobile6Mex se determinaron los factores de emisión de cada contaminante para cada tipo de vehículo y cada año modelo, los cuales por cuestiones de espacio no se presentan en esta sección. Los datos de actividad se tomaron del inventario de emisiones 2006 (SMA\_01 2008). El cuadro G4-1-PV3-03 resumen las reducciones en las emisiones asociadas a la aplicación de los nuevos límites.

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

Cuadro G4-1-PT3-03. Reducción de emisiones (ton/año).

Caso	CO	NOx	HCT	COV*
Antes	738,390.45	66,128.50	40,208.78	37,836.47
Después	653,974.27	63,818.98	34,905.21	32,845.80
Diferencia	84,416.18	2,309.51	5,303.57	4,990.66

\*incluidos en los HCT

## GEI

Las reducciones en las emisiones de CH<sub>4</sub> se determinan empleando la ecuación 1.

Cuadro G4-1-PV3-05. Reducción de emisiones (ton/año).

Caso	CH <sub>4</sub>
Antes	1,728.98
Después	1,500.92
Diferencia	228.05

La reducción de una mol de emisiones de CO generará un aumento estequiométrico de una mol de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la reducción de una tonelada de CO equivale a un aumento de 1.5714 ton de CO<sub>2</sub>. Considerando las reducciones de CO obtenidas en el cuadro G4-1-PV3-04, el cuadro G4-1-PV3-06 muestra los cambios asociados a la medida.

Cuadro G4-1-PV3-06. Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> (ton/año).

CO <sub>2</sub>
-132,654

Signo menos (-) significa aumentos en las emisiones.

## Referencias

Hernández, A. *Tesis: Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios*. México, 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. *Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006*. México:, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. *Proaire 2002-2010, Avances*. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. *Base de datos del Inventario de emisiones 2008*. D.F.

Clave: G4-2-PT4	Grupo: 4-Control Vehicular	Páginas: 4
Medida 4. Modernización y actualización del programa Hoy no circula como incentivo para la renovación de la flota vehicular.		

Los vehículos con holograma "0" y "00" exentan la RVS, el resto de los vehículos descansa un sábado al mes. Considerando una distribución uniforme de los números de placa, el cuadro G4-2-PT4-01 y G4-2-PT4-02 muestran un estimado de las flotas vehiculares a gasolina y diesel respectivamente que dejan de circular cada sábado.

Cuadro G4-2-PT4-01. Estimación de flotas vehiculares a gasolina que dejan de circular cada sábado debido al la Restricción Vehicular Sabatina.

Edad	Modelo	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V <= 3	AUT	V > 3	Total
49	1960 y ant.	380			4	35	36		30	485
48	1961	51			1	4	4		5	65
47	1962	77			0	4	6		7	94
46	1963	105			1	8	8		8	130
45	1964	178			2	11	10		11	212
44	1965	282			2	12	17		19	332
43	1966	296			3	11	17		21	348
42	1967	335			3	15	19		20	392
41	1968	444			5	28	26		36	539
40	1969	557			6	32	38	1	42	676
39	1970	660			6	42	39		47	794
38	1971	799	3		8	42	36		46	934
37	1972	1,180	3	1	13	48	52		60	1,357
36	1973	1,821	5	7	11	70	62		71	2,047
35	1974	2,159	10	12	18	81	79	5	97	2,461
34	1975	2,596	9	17	20	95	85	1	111	2,934
33	1976	2,576	13	22	20	115	92		123	2,961
32	1977	1,859	5	14	14	111	57		78	2,138
31	1978	2,344	8	8	21	171	99	3	112	2,766
30	1979	3,278	8	11	22	210	127	4	150	3,810
29	1980	4,440	15	27	31	285	170	15	182	5,165
28	1981	5,849	18	53	40	397	200	2	249	6,808
27	1982	6,090	9	92	43	425	247	4	252	7,162
26	1983	3,741	15	38	17	233	85		89	4,218
25	1984	4,806	20	56	12	278	84		91	5,347
24	1985	6,062	19	89	34	391	194	1	186	6,976
23	1986	6,307	25	108	24	424	156		143	7,187
22	1987	5,106	32	91	18	422	91		90	5,850
21	1988	7,614	43	78	41	650	145	7	152	8,730
20	1989	11,107	63	174	126	825	229	8	226	12,758
19	1990	14,541	190	219	307	840	284	16	299	16,696
18	1991	17,676	313	290	648	1,066	429	20	478	20,920
17	1992	20,372	624	459	838	1,101	521	22	544	24,481
16	1993	20,898	662	434	144	1,209	417	13	505	24,282
15	1994	21,377	1,020	245	55	1,197	320	8	401	24,623
14	1995	16,915	476	282	43	933	187	18	216	19,070
13	1996	16,083	252	87	16	926	100	11	108	17,583
12	1997	21,570	674	130	30	1,163	166	20	230	23,983
11	1998	33,656	1,282	170	25	1,143	185	30	282	36,773
10	1999	25,581	1,425	153	48	523	302	17	393	28,442
9	2000		1,704	249	48			32	456	2,489
8	2001		3,256	266	63			28	421	4,034
7	2002		3,474	278	44					3,796
6	2003		3,166	382	58					3,606
	Total	291,768	18,841	4,542	2,933	15,576	5,421	286	7,087	346,454

Cuadro G4-2-PT4-02. Estimación de flotas vehiculares a diesel que dejan de circular cada sábado debido al la Restricción Vehicular Sabatina.

Edad	Modelo	AP	PICK	V <= 3	AUT	V > 3	Total
49	1960			7		11	18
48	1961			4		3	7
47	1962			4		4	8
46	1963			6		4	10
45	1964			4		7	11
44	1965			6		10	16
43	1966			7		11	18
42	1967			13		16	29
41	1968			15		20	35
40	1969			19		24	43
39	1970			20		26	46
38	1971		1	21		24	46
37	1972			24		31	55
36	1973		1	28		37	66
35	1974		1	39		51	91
34	1975		1	55		66	122
33	1976		1	60		66	127
32	1977			33		39	72
31	1978		3	42		52	97
30	1979	1	2	64	91	82	240
29	1980	1	3	113	104	115	336
28	1981	2	3	138	118	145	406
27	1982	1	2	102	96	119	320
26	1983		1	28	34	32	95
25	1984	1	1	39	80	38	159
24	1985			59	108	71	238
23	1986		1	33	108	36	178
22	1987		1	23	46	25	95
21	1988			33	48	40	121
20	1989		1	60	72	52	185
19	1990	1	1	100	140	78	320
18	1991	2	3	158	279	140	582
17	1992	2	3	123	374	148	650
16	1993	3	4	171	463	165	806
15	1994	3	4	174	366	164	711
14	1995	4	6	149	144	107	410
13	1996	3	3	46	60	39	151
12	1997	5	4	174	169	116	468
11	1998	5	3	118	217	144	487
10	1999	3	3	185	253	201	645
9	2000			196	504	194	894
8	2001			293	878	274	1,445
	Total	37	57	2,986	4,752	3,027	10,859

Empleando el modelo Mobile6Mex se estimaron los factores de emisión por tipo de vehículo, tipo de combustible, edad y contaminante. Por motivos de espacio no se presentan dichas tablas de factores así como los datos de actividad los cuales se tomaron del inventario de emisiones 2006. El cuadro G4-2-PT4-03 presenta los resultados del cálculo de los volúmenes de contaminantes que dejan de emitirse cada año.

Cuadro G4-2-PT4-03. Reducción de emisiones asociadas a la RVS durante el 2008 (ton/año).

Combustible	CO	NOx	COT	COV*	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	TOTAL
Diesel	915.0	1,009.7	358.3	339.7	73.7	59.6	1.2	5.2	2,422.7
Gasolina	53,294.5	2,694.4	4,497.9	4,165.9	28.2	15.9	69.7	49.0	60,649.6
total	54,209.5	3,704.1	4,856.2	4,505.6	101.9	75.5	70.9	54.2	63,072.3

\*Incluidos en los COT

Cuadro G4-2-PV4-04. Reducción de emisiones de GEI asociadas a la RVS, 2008 (ton/año).

Combustible	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Diesel	79,071.1	358.3
Gasolina	140,330.9	4,497.9
total	219,401.9	4,856.2

El cuadro G4-2-PT4-05 muestra las proyecciones de las reducciones repitiendo el proceso para los pronósticos de crecimiento del parque vehicular al 2010 (Hernández 2009).

Cuadro G4-2-PT4-05. Proyección de la reducción de emisiones asociadas a la RVS durante el 2010 (ton/año).

Combustible	CO	NOx	COT	COV	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	TOTAL
Diesel	3,654.8	3,677.5	1,278.6	1,212.3	228.3	181.5	4.9	21.5	9,047.0
Gasolina	341,648.4	17,075.5	28,901.6	26,768.1	181.0	101.4	425.0	304.9	388,637.7
total	345,303.2	20,753.0	30,180.2	27,980.4	409.3	282.9	429.9	326.4	397,684.8

\*Incluidos en los COT

Cuadro G4-2-PV4-06. Reducción de emisiones de GEI asociadas a la RVS, 2008 (ton/año).

Combustible	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Diesel	328,888.3	1,278.6
Gasolina	841,027.0	28,901.6
total	1,169,915.3	30,180.2

Por otra parte; las modificaciones del Programa HNC restringen la circulación de más vehículos cada día entre semana. El cuadro G4-2-PV4-07 presenta un estimado de dichas flotas vehiculares y el cuadro G4-2-PT4-08 resume las reducciones anuales en las emisiones asociadas a las modificaciones al programa.

Cuadro G4-2-PT4-07. Estimación de flotas vehiculares restringidas por las modificaciones al programa HNC 2008.

Edad	Modelo	AP	TAX	CO	MIC	PICK	V <= 3	AUT	V > 3	Total
9	2000	176,785	8,521	1,248	243	3,390	1,624	160	2,284	194,255
8	2001		16,283	1,333	318			141	2,105	20,180
7	2002		17,371	1,393	224					18,988
6	2003		15,833	1,911	290					18,034
	Total	176,785	58,008	5,885	1,075	3,390	1,624	301	4,389	251,457

Cuadro G4-2-PT4-08. Reducción de emisiones 2008 (ton/año).

CO	NOx	COT	COV*	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	TOTAL
10,273.00	1,052.70	895.6	829.5	13.1	7.1	49.8	29.7	12,321.0

\*Incluidos en los COT

Cuadro G4-2-PV4-09. Reducción de emisiones de GEI, 2008 (ton/año).

CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
77,700.9	895.6

El cuadro G4-2-PT4-10 muestra las proyecciones de las reducciones repitiendo el proceso para los pronósticos de crecimiento del parque vehicular al 2010 (Hernández 2009).

Cuadro G4-2-PT4-10. Reducción de emisiones 2010 (ton/año).

CO	NOx	COT	COV*	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	TOTAL
9,704.9	1,004.2	820.0	759.5	14.3	7.8	54.3	32.4	11,637.9

\*Incluidos en los COT

Cuadro G4-2-PV4-11. Reducción de emisiones de GEI, 2010 (ton/año).

CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
83,700.3	820.0

El cuadro G4-2-PT4-12 resumen las reducciones en las emisiones contaminantes asociadas a las modificaciones y rediseño del programa Hoy No Circula.

Cuadro G4-2-PT4-12. Resumen de reducción de emisiones asociados a la medida (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	COV*	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
2008	64,482.5	4,756.9	5,751.8	5,335.1	115.0	82.6	120.7	83.9	297,102.8	5,751.8
2010	355,008.1	21,757.2	31,000.2	28,739.9	423.6	290.7	484.1	358.7	1,253,615.6	31,000.2

\*Incluidos en los COT

## Referencias

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Programa de verificación vehicular obligatoria para el segundo semestre del año 2008.» *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 30 de JUNIO de 2008, 17a época ed.: 50-77.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. «Modificación al Programa de verificación vehicular obligatoria para el segundo semestre del año 2008.» *Gaceta Oficial del Distrito Federal*, 17 de Septiembre de 2008, 17a época ed.: 4-6.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009.Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G4-3-PT5	Grupo: 4-Control Vehicular	Páginas: 2
Medida 5. Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes.		

De acuerdo con datos de avance facilitados por la SMADF se sustituyeron 312,175 convertidores catalíticos. Los cambios en las emisiones se calcularon con base a las diferencias entre las emisiones de vehículos con control de emisiones y sin control. El cuadro G4-3-PV5-01 muestra los cambios que se realizaron durante el periodo 2002-2009.

Cuadro G4-3-PV5-01. Cambios de convertidor catalítico (DGPCAIE-SMADF)

Año	Número
2002	25,968
2003	60,837
2004	38,915
2005	52,956
2006	49,974
2007	37,333
2008	25,426
2009*	20,766
TOTAL	312,175

\*hasta Julio

Los factores de emisión promedio se determinaron mediante el modelo Mobile6Mex para vehículos con control y sin control de emisiones (cuadro G4-3-PT5-02). Los datos de actividad considerados se muestran en el cuadro G4-3-PT5-03.

Cuadro G4-3-PT5-02. Factores de emisión (gr/km).

Tipo de vehículo	CO	NOx	HCT	CH4	COV
Sin convertidor	22.2590	3.7194	2.6515	0.1140	2.4951
Con convertidor	1.7400	0.3200	0.1900	0.0082	0.1788

Cuadro G4-3-PT5-03. Datos de actividad.

Edad	Km/día	día/año	A (km/año)
> 8 años	50	301	15050

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

El cuadro G4-3-PT5-04 presenta las emisiones correspondientes a cada flota y la diferencia representa los beneficios de la medida.

Cuadro G4-3-PT5-04. Emisiones (ton/año).

Tipo de vehículo	CO	NOx	HCT	CH4*	COV*	Total
Sin convertidor	103,883	17,359	12,375	532	11,644	133,616
Con convertidor	8,121	1,493	887	38	834	10,501
Diferencia	95,763	15,865	11,488	494	10,810	123,115

\*Incluidas en los HCT

## GEI

Las reducciones en las emisiones de CH<sub>4</sub> se determinan empleando la ecuación 1.

Cuadro G4-3-PV5-05. Reducción de emisiones (ton/año).

Tipo de vehículo	CH4
Sin convertidor	532
Con convertidor	38
Diferencia	494

La reducción de una mol de emisiones de CO generará un aumento estequiométrico de una mol de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la reducción de una tonelada de CO equivale a un aumento de 1.5714 ton de CO<sub>2</sub>. Considerando las reducciones de CO obtenidas en el cuadro G4-3-PV5-04, el cuadro G4-3-PV5-06 muestra los cambios asociados a la medida.

Cuadro G4-3-PV5-06. Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> (ton/año).

CO <sub>2</sub>
-150,484

Signo menos (-) significa aumentos en las emisiones.

## Referencias

CAM. *Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010-Informe Ejecutivo de Avances 2002-2003*. México: COMISIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA, 2004.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. *Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006*. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. *Proaire 2002-2010, Avances*. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. *Base de datos del Inventario de emisiones 2008*. D.F.

SMA-GDF. *Tercer Informe de Gobierno 2008-2009*. México, 2009.

SMA-GDF. *PROAIRE 2002-2010, Avances*. Preliminar, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2009.

SMA-GDF. *Base de datos del Inventario de emisiones 2008*. D.F.: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2009.

Clave: G4-5-PT7	Grupo: 4-Control Vehicular	Páginas: 2
Medida 7. Rediseño del programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes y unidades sin verificar.		

De acuerdo con datos de avance facilitados por la SMADF; 186,105 vehículos fueron sancionados por detectarse como ostensiblemente contaminantes (Cuadro G4-5-PT7-01). A los propietarios de estos vehículos les fue retirada la calcomanía de verificación y se les obligó a dar mantenimiento para volver a presentar la verificación vehicular, por lo tanto; los cambios en las emisiones se estimaron con base en la diferencia entre los factores de emisión de los vehículos con y sin mantenimiento.

Cuadro G4-5-PT7-01. Vehículos sancionados (SMADF\_04 2009).

Año	Gasolina	Diesel	Total
2000	15,665	7,632	23,297
2001	9,690	4,721	14,411
2002	6,652	3,241	9,893
2003	6,556	3,195	9,751
2004	8,891	3,825	12,716
2005	11,646	9,097	20,743
2006	30,363	14,793	45,156
2007	16,457	7,999	24,456
2008	10,422	5,078	15,500
2009	6,846	3,336	10,182
Total	123,188	62,917	186,105

\*información al 31 de julio 09

Los factores de emisión promedio se determinaron mediante el modelo Mobile6Mex para vehículos con control y sin control de emisiones (cuadro G4-5-PT7-02). Los datos de actividad considerados se muestran en el cuadro G4-5-PT7-03.

Cuadro G4-5-PT7-02. Factores de emisión (gr/km).

	Combustible	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10
Sancionado	Diesel	291.1540	4.6610	16.7180	0.7189	15.7316	0.1620
	Gasolina	14.2360	17.9220	6.2150	0.2672	5.8483	2.1000
Verificado	Diesel	203.8078	3.2627	11.7026	0.5032	11.0121	0.1134
	Gasolina	9.9652	12.5454	4.3505	0.1871	4.0938	1.4700

Cuadro G4-5-PT7-03. Datos de actividad.

Km/día	día/año	A (km/año)
60	313	18780

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$ = Emisiones de los vehículos de edad i del contaminante j.

$N_i$  = Número de vehículos de edad i.

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad i del contaminante j.

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad i.

Los cuadros G4-5-PT7-04 y G4-5-PT7-05 presentan las reducciones correspondientes a las flotas a gasolina y diesel respectivamente.

Cuadro G4-5-PT7-04. Reducción de emisiones asociada a vehículos a gasolina sancionados (ton/año).

Año	CO	N0x	COT	CH4	COV	PM10
2000	12,519	200	719	31	676	7
2001	7,744	124	445	19	418	4
2002	5,316	85	305	13	287	3
2003	5,241	84	301	13	283	3
2004	6,274	100	360	15	339	3
2005	14,922	239	857	37	806	8
2006	24,266	388	1,393	60	1,311	14
2007	13,121	210	753	32	709	7
2008	8,330	133	478	21	450	5
2009	5,472	88	314	14	296	3
Suma	103,207	1,652	5,926	255	5,576	57

Cuadro G4-5-PT7-05. Reducción de emisiones asociada a vehículos a diesel sancionados (ton/año).

Año	CO	N0x	COT	CH4	COV	PM10
2000	1,256	1,582	549	24	516	185
2001	777	978	339	15	319	115
2002	534	672	233	10	219	79
2003	526	662	230	10	216	78
2004	713	898	311	13	293	105
2005	934	1,176	408	18	384	138
2006	2,435	3,066	1,063	46	1,000	359
2007	1,320	1,662	576	25	542	195
2008	836	1,052	365	16	343	123
2009	549	691	240	10	226	81
Suma	9,880	12,439	4,313	185	4,059	1,457

Finalmente, el cuadro G4-5-PT7-06 presenta las reducciones totales asociadas a la aplicación de la medida.

Cuadro G4-5-PT7-06. Reducción total de emisiones (ton/año).

Combustible	CO	N0x	HCT	COV *	PM10	TOTAL
Diesel	103,207	1,652	5,926	5,576	57	110,842
Gasolina	9,880	12,439	4,313	4,059	1,457	28,090
Total	113,087	14,091	10,240	9,635	1,515	138,932

\*Incluidos en los COT

Las reducciones en las emisiones de CH<sub>4</sub> se determinan empleando la ecuación 1.

Cuadro G4-3-PV5-05. Reducción de emisiones (ton/año).

Combustible	CH <sub>4</sub>
Diesel	255
Gasolina	185
Total	440

La reducción de una mol de emisiones de CO generará un aumento estequiométrico de una mol de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la reducción de una tonelada de CO equivale a un aumento de 1.5714 ton de CO<sub>2</sub>.

Considerando las reducciones de CO obtenidas en el cuadro G4-5-PV7-06, el cuadro G4-5-PV7-07 muestra los cambios asociados a la medida.

Cuadro G4-5-PV7-07. Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> (ton/año).

Combustible	CO2
Diesel	-162,182
Gasolina	-15,526
Total	-177,708

Signo menos (-) significa aumentos en las emisiones.

## Referencias

- SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Tercer Informe de Trabajo. México, 2008.
- SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

Clave: G6-1-PT8	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 3
Medida 8. Renovación de la flota vehicular de transporte de baja capacidad		

Los efectos se calcularon con base en la diferencia neta entre las emisiones contaminantes que dejan de emitirse al retirar los taxis más antiguos y las emisiones que se suman al incorporar los taxis de años modelos correspondientes a los 4 años más próximos al año de retiro. Los retiros se distribuyeron en los años 2001-2006 y las incorporaciones se supusieron uniformes.

La modificación al reglamento de licencias de taxis y los incentivos económicos otorgados por el gobierno del Distrito Federal, entre el 2002 y el 2008, promovieron la sustitución de 67,592 taxis. El cuadro G6-1-PT8-01 presenta la flota de taxis renovados entre 2002 y 2008 por año modelo.

Se aplicaron factores de emisiones (FE) de contaminantes con base en resultados de modelaciones previas en el modelo Mobile6 (ver cuadro G6-1-PT8-02). Los factores de actividad corresponden a los aplicables al 2008 (ver cuadro G6-1-PT8-03).

Cuadro G6-1-PT8-01. Flota de taxis renovados.

Modelo	Renovados	Modelo	Renovados
1978	48	1990	4,285
1979	6	1991	11,094
1980	32	1992	17,427
1981	41	1993	10,585
1982	34	1994	10,097
1983	40	1995	3,575
1984	56	1996	1,410
1985	102	1997	2,583
1986	189	1998	3,413
1987	152	1999	1,192
1988	358	2000	293
1989	580		

Cuadro G6-1-PT8-02. Factores de emisión

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
31	66.0453	2.5203	6.2550	0.2690	5.8860	0.0396	0.0230	0.0623	0.0623	114.5220	0.0048
30	65.4516	2.5203	6.2550	0.2690	5.8860	0.0396	0.0230	0.0623	0.0623	95.6706	0.0040
29	64.8720	2.4765	6.2550	0.2690	5.8860	0.0403	0.0239	0.0623	0.0623	89.7605	0.0038
28	64.2860	2.4765	5.2789	0.2270	4.9674	0.0403	0.0239	0.0623	0.0623	87.3984	0.0037
27	63.6996	2.5015	5.3925	0.2319	5.0743	0.0367	0.0205	0.0623	0.0623	88.0605	0.0037
26	64.9352	2.5015	5.3407	0.2296	5.0256	0.0367	0.0205	0.0623	0.0623	86.4237	0.0036
25	65.5255	2.5015	5.3925	0.2319	5.0743	0.0335	0.0179	0.0623	0.0623	84.2318	0.0036
24	64.9352	2.5015	5.3407	0.2296	5.0256	0.0356	0.0190	0.0623	0.0623	82.4396	0.0035
23	64.3450	2.5015	5.2888	0.2274	4.9768	0.0335	0.0179	0.0623	0.0623	81.5718	0.0034
22	63.7547	2.5015	5.2364	0.2252	4.9275	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	80.7221	0.0034
21	63.1659	2.5015	5.1846	0.2229	4.8787	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	81.8590	0.0035
20	62.5712	2.5015	5.1321	0.2207	4.8293	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	83.0285	0.0035
19	61.9438	2.5015	5.0773	0.2183	4.7778	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	81.8590	0.0035
18	51.2838	1.8657	4.8151	0.2071	4.5311	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	83.3260	0.0035
17	50.4689	1.8477	4.6952	0.2019	4.4181	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	81.8590	0.0035
16	49.6081	1.8289	4.5687	0.1965	4.2992	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	82.1483	0.0035
15	31.2382	2.0704	2.7709	0.1191	2.6074	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	81.2866	0.0034
14	22.7342	2.2515	2.2180	0.0954	2.0871	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	81.5718	0.0034
13	20.8547	2.0037	2.0193	0.0868	1.9001	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	81.0034	0.0034
12	18.8887	1.8024	1.8410	0.0792	1.7324	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	80.7221	0.0034
11	17.2328	1.6129	1.8410	0.0792	1.7324	0.0298	0.0159	0.0623	0.0623	82.1483	0.0035
10	15.5716	1.4799	1.4758	0.0635	1.3887	0.0159	0.0085	0.0623	0.0365	81.5718	0.0034
9	13.8804	1.3350	1.2975	0.0558	1.2209	0.0159	0.0085	0.0623	0.0362	80.7221	0.0034
8	12.0105	1.1881	1.0976	0.0472	1.0328	0.0159	0.0085	0.0623	0.0356	80.1654	0.0034
7	10.0334	1.0335	0.8856	0.0381	0.8333	0.0159	0.0085	0.0623	0.0382	78.8067	0.0033
6	7.9437	0.8699	0.6618	0.0285	0.6228	0.0159	0.0085	0.0623	0.0382	84.5381	0.0036
5	6.2690	0.7369	0.4964	0.0213	0.4671	0.0159	0.0085	0.0623	0.0382	84.5381	0.0036
4	5.2923	0.6553	0.4293	0.0185	0.4040	0.0159	0.0085	0.0623	0.0382	84.5381	0.0036
3	4.2619	0.5690	0.3577	0.0154	0.3366	0.0159	0.0085	0.0623	0.0382	84.5381	0.0036
2	3.1775	0.4778	0.2825	0.0121	0.2659	0.0159	0.0085	0.0623	0.0382	84.5381	0.0036
1	2.4776	0.4185	0.2330	0.0100	0.2193	0.0159	0.0085	0.0623	0.0369	84.5381	0.0036

Cuadro G6-1-PT8-03. Actividad de taxis.

Edad	Km/día	día/año	A (km/año)	Edad	Km/día	día/año	A (km/año)
31	200	301	60200	15	200	301	60200
30	200	301	60200	14	200	301	60200
29	200	301	60200	13	200	301	60200
28	200	301	60200	12	200	301	60200
27	200	301	60200	11	200	301	60200
26	200	301	60200	10	200	301	60200
25	200	301	60200	9	200	301	60200
24	200	301	60200	8	200	365	73000
23	200	301	60200	7	200	365	73000
22	200	301	60200	6	200	365	73000
21	200	301	60200	5	200	365	73000
20	200	301	60200	4	200	365	73000
19	200	301	60200	3	200	365	73000
18	200	301	60200	2	200	365	73000
17	200	301	60200	1	200	365	73000
16	200	301	60200				

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

Los cuadros G6-1-PT8-04 y G6-1-PT8-04-Bis presentan las emisiones correspondientes a la flota de taxis retirada e incorporada respectivamente, en el proceso de renovación.

Cuadro G6-1-PT8-04. Emisiones contaminantes correspondientes a taxis retirados al 2008.

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
31	190.84	7.28	18.07	0.78	17.01	0.11	0.07	0.18	0.18	330.92	0.01
30	23.64	0.91	2.26	0.10	2.13	0.01	0.01	0.02	0.02	34.56	0.00
29	124.97	4.77	12.05	0.52	11.34	0.08	0.05	0.12	0.12	172.91	0.01
28	158.67	6.11	13.03	0.56	12.26	0.10	0.06	0.15	0.15	215.72	0.01
27	130.38	5.12	11.04	0.47	10.39	0.08	0.04	0.13	0.13	180.24	0.01
26	156.36	6.02	12.86	0.55	12.10	0.09	0.05	0.15	0.15	208.11	0.01
25	220.90	8.43	18.18	0.78	17.11	0.11	0.06	0.21	0.21	283.96	0.01
24	398.73	15.36	32.79	1.41	30.86	0.22	0.12	0.38	0.38	506.21	0.02
23	732.10	28.46	60.18	2.59	56.62	0.38	0.20	0.71	0.71	928.11	0.04
22	583.38	22.89	47.92	2.06	45.09	0.27	0.15	0.57	0.57	738.64	0.03
21	1,361.33	53.91	111.74	4.80	105.14	0.64	0.34	1.34	1.34	1,764.19	0.07
20	2,184.74	87.34	179.19	7.71	168.62	1.04	0.56	2.18	2.18	2,899.02	0.12
19	15,978.83	645.29	1,309.73	56.32	1,232.46	7.69	4.10	16.07	16.07	21,116.11	0.89
18	34,250.34	1,246.04	3,215.84	138.28	3,026.10	19.90	10.62	41.61	41.61	55,650.03	2.35
17	52,947.18	1,938.41	4,925.72	211.81	4,635.10	31.26	16.68	65.36	65.36	85,878.76	3.62
16	31,611.13	1,165.38	2,911.26	125.18	2,739.49	18.99	10.13	39.70	39.70	52,346.29	2.21
15	18,987.83	1,258.50	1,684.24	72.42	1,584.87	18.11	9.66	37.87	37.87	49,409.20	2.08
14	4,892.75	484.56	477.34	20.53	449.18	6.41	3.42	13.41	13.41	17,555.48	0.74
13	1,770.19	170.07	171.40	7.37	161.29	2.53	1.35	5.29	5.29	6,875.73	0.29
Total =	166,704.3	7,154.9	15,214.8	654.2	14,317.2	108.0	57.7	225.4	225.4	297,094.2	12.5

Cuadro G6-1-PT8-04-Bis. Emisiones contaminantes correspondientes a taxis incorporados al 2008.

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
19	179.0	7.2	14.7	0.6	13.8	0.1	0.0	0.2	0.2	236.5	0.0
18	18.5	0.7	1.7	0.1	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	30.1	0.0
17	97.2	3.6	9.0	0.4	8.5	0.1	0.0	0.1	0.1	157.7	0.0
16	122.4	4.5	11.3	0.5	10.6	0.1	0.0	0.2	0.2	202.8	0.0
15	63.9	4.2	5.7	0.2	5.3	0.1	0.0	0.1	0.1	166.4	0.0
14	54.7	5.4	5.3	0.2	5.0	0.1	0.0	0.2	0.2	196.4	0.0
13	70.3	6.8	6.8	0.3	6.4	0.1	0.1	0.2	0.2	273.1	0.0
12	116.0	11.1	11.3	0.5	10.6	0.2	0.1	0.4	0.4	495.7	0.0
11	196.1	18.4	20.9	0.9	19.7	0.3	0.2	0.7	0.7	934.7	0.0
10	142.5	13.5	13.5	0.6	12.7	0.1	0.1	0.6	0.3	746.4	0.0
9	299.1	28.8	28.0	1.2	26.3	0.3	0.2	1.3	0.8	1,739.7	0.1
8	508.5	50.3	46.5	2.0	43.7	0.7	0.4	2.6	1.5	3,394.2	0.1
7	3,138.5	323.3	277.0	11.9	260.7	5.0	2.7	19.5	12.0	24,651.1	1.0
6	6,433.3	704.5	536.0	23.0	504.3	12.9	6.9	50.5	31.0	68,464.2	2.9
5	7,975.3	937.4	631.4	27.2	594.2	20.2	10.8	79.3	48.6	107,546.9	4.5
4	4,089.4	506.4	331.7	14.3	312.2	12.3	6.6	48.1	29.5	65,323.0	2.8
3	3,141.4	419.4	263.7	11.3	248.1	11.7	6.3	45.9	28.2	62,311.4	2.6
2	829.3	124.7	73.7	3.2	69.4	4.1	2.2	16.3	10.0	22,062.3	0.9
1	255.0	43.1	24.0	1.0	22.6	1.6	0.9	6.4	3.8	8,701.5	0.4
Total =	27,730.5	3,213.2	2,312.3	99.4	2,175.9	70.0	37.4	272.5	167.7	367,634.0	15.5

Los efectos de la medida (cuadro G6-1-PT8-05) se obtienen por la diferencia entre las emisiones contaminantes producidas por los taxis retirados (cuadro G6-1-PT8-04) y las emisiones de los taxis incorporados (Cuadro G6-1-PT8-04-Bis). El mismo procedimiento se aplicó para el caso 2010.

Cuadro G6-1-PT8-05. Diferencias en las emisiones asociadas a la renovación de taxis (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
2008	138,974	3,942	12,903	555	12,141	38	20	-47	58	-70,540	-3
2010	200,592	5,457	17,456	751	16,426	43	23	-54	65	-80,252	-3

(-)Valores negativos significan aumentos en las emisiones.

## Referencias

fsuburbanos. *Presentación del Tren suburbano*. [www.fsuburbanos.com](http://www.fsuburbanos.com), (último acceso: 25 de Septiembre de 2009).

IAL. 2007. Instituto de Aire Limpio. Revisión crítica de la información sobre la restricción vehicular sabatina. . México: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2007.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009.Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G6-2-PT9	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 2
Medida 9. Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad		

La sustitución de microbuses a gasolina antiguos por autobuses a diesel nuevos se llevó a cabo, en promedio, como se muestra en el cuadro G6-2-PT9-01. Los efectos de la medida se determinaron en función de la diferencia entre las emisiones correspondientes a cada flota.

Cuadro G6-2-PT9-01. Esquema de sustitución de Microbuses por autobuses (Calculado con base en (SMADF\_02 2009)).

Al Año	Vehículo	Unidades	Edad
2008	Microbuses a gasolina	3,567	17 años
	Autobuses a diesel	3,567	5 años
2010*	Microbuses a gasolina	11,922	17 años
	Autobuses a diesel	11,922	5 años

\*Proyección

Los factores de emisión de contaminantes se determinaron con el modelo Mobile6Mex (ver cuadro G6-2-PT9-02) y los datos de actividad se aplicaron conforme a la reglamentación 2008 (ver cuadro G6-2-PT9-03).

Cuadro G6-2-PT9-02. Factores de emisión aplicables a las unidades sustituidas.

Vehículo	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
Microbuses gasolina	128.7401	5.0192	10.2868	0.4423	9.6799	0.019	0.0105	0.0615	0.0512	266.74	0.2667
Autobuses diesel	10.6495	5.0528	3.0019	0.1321	2.9629	0.4974725	0.38841	0.0168	0.0642	1156.67	0.2667

Cuadro G6-2-PT9-03. Datos de actividad.

Vehículo	Km/día	día/año	A (km/año)
Microbuses antiguos	200	299	60200
Autobuses nuevos	200	365	73000

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

El cuadro G6-2-PT9-04 presenta las emisiones correspondientes a las flotas retiradas y el cuadro G6-2-PT9-05 a las incorporadas.

Cuadro G6-2-PT9-04. Emisiones correspondientes a los microbuses retirados (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
2008	27,461	1,071	2,194	94	2,065	4	2	13	11	56,898	57
2010	72,799	2,838	5,817	250	5,474	11	6	35	29	150,836	151

Cuadro G6-2-PT9-05. Emisiones correspondientes a los a autobuses incorporados (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
2008	2,773	1,316	782	34	772	130	101	4	17	301,186	69
2010	7,351	3,488	2,072	91	2,045	343	268	12	44	798,433	184

Finalmente, la diferencia en las emisiones representa los efectos de la instrumentación de la medida de sustitución de unidades (ver cuadro G6-2-PT9-06).

Cuadro G6-2-PT9-06. Cambios en las emisiones asociadas a la aplicación de la medida (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
2008	24,688	-245	1,413	60	1,293	-125	-99	9	-6	-244,287	-13
2010	65,447	-650	3,745	159	3,428	-333	-262	23	-15	-647,598	-33

(-)Valores negativos significan aumentos en las emisiones.

## Referencias

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Tercer Informe de Gobierno. 2009.

Clave: G4-9-PT16	Grupo: 4-Control Vehicular	Páginas: 2
Medida 16 Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel.		

El cuadro G4-9-PT16-01 muestra el número de unidades afectadas por la instrumentación de la medida de acuerdo con informes de avances de la SMADF.

Cuadro G4-9-PT16-01. Vehículos afectados por la medida.

Año	AUT	V > 3 ton	Total
2002	1,273	2,518	3,791
2003	1,501	2,970	4,471
2004	1,680	3,324	5,004
2005	1,480	2,928	4,408
2006	1,595	3,156	4,751
2007	1,561	3,088	4,649
2008	1,509	2,986	4,495
2009	1,507	3,027	4,534

Un consenso de los factores de emisión promedio para cada categoría de vehículos se aplicó para el cálculo de las emisiones (cuadro G4-9-PT16-02). Los datos de actividad considerados se muestran en el cuadro G4-9-PT16-03.

Cuadro G4-9-PT16-02. Factores de emisión (gr/km).

Característica	Vehículo	CO	NOX	HCT	CH4	COV	PM10
Sin Regular	Autobuses concesionados	13.359	11.725	4.462	0.192	4.199	0.700
	camiones hasta 3 ton	2.765	1.118	0.874	0.038	0.822	0.163
Regulados	Autobuses concesionados	10.019	8.794	3.347	0.144	3.149	0.420
	camiones hasta 3 ton	2.074	0.839	0.656	0.028	0.617	0.098

Cuadro G4-9-PT16-03. Datos de actividad.

Vehículo	Km/día	día/año	A (km/año)
Autobuses concesionados	163.5	365	59677.5
Camiones > 3 ton	60	313	18780

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i \cdot FE_{i,j} \cdot \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

Los cuadros G4-9-PT16-04 y G4-9-PT16-05 presentan las reducciones en las emisiones correspondientes a la autoregulación de autobuses y vehículos de carga respectivamente.

Cuadro G4-9-PT16-04. Reducción de emisiones por auto-regulación de autobuses diesel (ton/año).

Año	CO	NOX	HCT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10
2002	253.7	222.7	84.7	3.6	79.7	21.3
2003	299.2	262.6	99.9	4.3	94.0	25.1
2004	334.9	293.9	111.8	4.8	105.2	28.1
2005	295.0	258.9	98.5	4.2	92.7	24.7
2006	317.9	279.0	106.2	4.6	99.9	26.7
2007	311.1	273.1	103.9	4.5	97.8	26.1
2008	300.8	264.0	100.5	4.3	94.5	25.2
2009	300.4	263.6	100.3	4.3	94.4	25.2
Total	2,412.9	2,117.8	805.9	34.7	758.4	202.3

Cuadro G4-9-PT16-05. Reducción de emisiones por auto-regulación de vehículos de carga a diesel (ton/año).

Año	CO	NOX	HCT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10
2002	32.7	13.2	10.3	0.4	9.7	3.1
2003	38.6	15.6	12.2	0.5	11.5	3.6
2004	43.1	17.4	13.6	0.6	12.8	4.1
2005	38.0	15.4	12.0	0.5	11.3	3.6
2006	41.0	16.6	12.9	0.6	12.2	3.9
2007	40.1	16.2	12.7	0.5	11.9	3.8
2008	38.8	15.7	12.3	0.5	11.5	3.7
2009	39.3	15.9	12.4	0.5	11.7	3.7
Total	311.5	126.0	98.5	4.2	92.7	29.4

Finalmente, el cuadro G4-9-PT16-06 presenta las reducciones en las emisiones correspondientes a la aplicación de la medida.

Cuadro G4-9-PT16-06. Reducción de emisiones (ton/año).

Vehículo	CO	NOX	HCT	COV*	PM10	Total
Autobuses	2,412.9	2,117.8	805.9	758.4	202.3	5538.97
V>3 ton	311.5	126.0	98.5	92.7	29.4	565.32
Total	2,724.5	2,243.8	904.4	851.0	231.7	6104.30

\*Incluidos en los COT

## GEI

Las reducciones en las emisiones de CH<sub>4</sub> se determinan empleando la ecuación 1.

Cuadro G4-9-PV16-07. Reducción de emisiones (ton/año).

Vehículo	CH <sub>4</sub>
Autobuses	34.7
V>3 ton	4.2
Total	38.9

La reducción de una mol de emisiones de CO generará un aumento estequiométrico de una mol de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la reducción de una tonelada de CO equivale a un aumento de 1.5714 ton de CO<sub>2</sub>. Considerando las reducciones de CO obtenidas en el cuadro G4-9-PV16-06, el cuadro G4-9-PV16-08 muestra los cambios asociados a la medida.

Cuadro G4-3-PV5-08. Cambios en las emisiones de CO<sub>2</sub> (ton/año).

CO <sub>2</sub>
-4,281

Signo menos (-) significa aumentos en las emisiones.

## Referencias

EPA. User's Guide to MOBILE6.1 and MOBILE6.2. United States, L.A.: U.S. Environmental Protection Agency, 2003.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G6-4-PT19	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 1
Medida 19. Introducción de vehículos eléctricos.		

Con la introducción del transporte eléctrico, los tractocamiones deberán circular por otras rutas así como los autobuses. Se supuso que no varía el aforo vehicular de los autos particulares a diferencia de las flotas de microbuses los cuales si se retiran de circulación y genera un cambio en las emisiones.

Cuadro G6-4-PT19-01. Microbuses que dejaron de circular por la introducción de trolebuses en el corredor "Cero emisiones" (SMADF\_04 2009)

Tramo	Unidades
Eje 5 Sur a Eje 3 Sur (2.5 km)	175
Eje 3 Sur a Fray Servando (2 km)	332
Fray Servando a Manuel González (3.4 km)	363
Manuel González Central del Norte (3 km)	1,280

Los factores de emisión promedio se determinaron mediante el modelo Mobile6Mex (cuadro G6-4-PT19-02). Los datos de actividad considerados se muestran en el cuadro G6-4-PT19-03.

Cuadro G6-4-PT19-02. Factores de emisión de microbuses (gr/KRV).

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COT	COV	NH <sub>3</sub>
0.017	0.010	0.044	11.269	1.112	1.703	1.635	0.055
0.016	0.009	0.041	17.701	1.992	1.401	1.279	0.052
0.020	0.012	0.060	41.379	2.824	3.760	3.611	0.057
0.022	0.013	0.083	38.469	3.886	4.401	3.924	0.062

Cuadro G6-4-PT19-03. Datos de actividad.

Tramo de vialidad sobre el Eje Central Lazaro Cardenas	Distancia [Km]	MICROBUS	
		# vehiculos	KRV [km/día]
Central del Norte y Manuel González	3	1,280	3,840
Manuel González y Fray Servando	3.4	363	1,234
Fray Servando y Eje 3 Sur	2	332	664
Eje 3 Sur y Eje 5 Sur	2.5	175	438
Total	10.9	2,150	6,176

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = FE_j * KRV A_{i,j} * \frac{125.27}{1E6} \quad (1)$$

En donde E<sub>i,j</sub>= Emisiones del contaminante j.

FE<sub>i,j</sub> = Factor de emisión del contaminante j.

KRV = Actividad

El cuadro G6-4-PT19-04 presenta las reducciones asociadas al retiro de microbuses a gasolina y la introducción de trolebuses eléctricos.

Cuadro G6-4-PT19-04. Reducción de emisiones (ton/año).

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	COV	Tóxicos	CO <sub>2</sub>
0.13	0.08	237.58	24.00	24.23	6.54	2,130.53

Clave: G3-1-PT20	Grupo: 3-Vialidad	Páginas: 2
Medida 20. Establecimiento de corredores de transporte.		

“El Metrobús transporta hasta 450 mil pasajeros en día hábil en su red de servicio de 50 Kms., con 75 estaciones, 5 terminales y 225 autobuses, que sustituyeron a 447 microbuses” (GDF\_03 2009). Los cuadros G3-1-PT20-01 y G3-1-PT20-02 presentan las unidades sustituidas hasta el 2008 y un esquema propuesto para las sustituciones que involucra la medida.

Cuadro G3-1-PT20-01. Esquema propuesto de retiro de microbuses.

Edad	2008	2009	2010	2011	2012
28	447	953			
27		105			
26		260	180		
25			137		
24			297	1,031	1,090
A retirar	447	3,327	614	1,031	1,090

Cuadro G3-1-PT20-02. Esquema propuesto de sustitución de unidades.

Año	Microbuses	Metrobuses
2008	447	225
2009	953	477
	105	53
	260	130
2010	180	90
	137	69
	297	149
2011	1,031	516
2012	1,090	545
Total =	4,500	2,252

Se estimaron los factores de emisión para microbuses a gasolina empleando el modelo Mobile6Mex (SMA\_01 2008).

Cuadro G3-1-PT20-03. Factores de emisión para microbuses a gasolina (gr/km).

Edad	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>
28	134.46	6.17	12.50	0.54	11.76	0.02	0.01	0.03
27	136.77	6.23	12.76	0.55	12.00	0.02	0.01	0.03
26	136.77	6.23	12.76	0.55	12.00	0.02	0.01	0.03
25	135.94	6.23	12.67	0.54	11.92	0.02	0.01	0.03
24	136.77	6.23	12.76	0.55	12.00	0.02	0.01	0.03
23	135.94	6.23	12.67	0.54	11.92	0.02	0.01	0.03
22	135.11	6.23	12.58	0.54	11.84	0.02	0.01	0.03
21	134.28	6.23	12.49	0.54	11.75	0.02	0.01	0.03
20	133.43	6.23	12.40	0.53	11.67	0.02	0.01	0.03

Con base las especificaciones de la tecnología EURO-IV y balances de materia se estimaron los factores de emisión para los metrobuses (cuadro G3-1-PT20-04). Por otra parte, en el cuadro G3-1-PT20-05 se presentan los datos de actividad empleados para el cálculo.

Cuadro G3-1-PT20-04. Factores de emisión para metrobuses a diesel (gr/km).

Edad	CO	HC	NOx	PM10	SO <sub>2</sub>	PM2.5	COV	CH <sub>4</sub>
5	3.641	1.117	8.495	0.049	0.0083	0.027	1.051	0.048

Cuadro G3-1-PT20-05. Actividad.

Vehículo	Edad	Km/día	día/año	A (km/año)
Microbuses	> 10 años	200	299	59800
Metrobuses	5 años	200	365	73000

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde E<sub>i,j</sub>= Emisiones del contaminante j de los vehículos de edad i.

N<sub>i</sub> = Número de vehículos de edad i.

FE<sub>i,j</sub> = Factor de emisión para los vehículos de edad i del contaminante j.

A<sub>i</sub> = Actividad de los vehículos de edad i.

El cuadro G3-1-PT20-06 y G3-1-PT20-07 presenta las emisiones correspondientes a cada flota.

Cuadro G3-1-PT20-06. Emisiones eliminadas por el retiro de microbuses (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
2008	3,594.2	164.8	334.1	14.4	314.4	0.6	0.3	0.8	1.7	7,130.2	0.3
2009	14,242.2	652.2	1,324.8	57.0	1,246.6	2.4	1.3	3.1	6.7	28,117.8	1.1
2010	19,257.2	880.9	1,792.4	77.1	1,686.6	3.2	1.7	4.1	9.0	37,656.5	1.5

Cuadro G3-1-PT20-07. Emisiones adicionadas por la incorporación de metrobuses (ton/año).

Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
2008	64.7	151.0	19.8	1.6	18.7	0.9	0.5	0.1	1.6	29,961.8	1.6
2009	88.6	206.7	27.2	2.2	25.6	1.2	0.7	0.2	2.2	41,026.0	2.2
2010	119.4	278.6	36.6	2.9	34.5	1.6	0.9	0.3	2.9	55,297.9	2.9

Finalmente, el cuadro G3-1-PT20-08 muestra las reducciones asociadas a la medida.

Cuadro G3-1-PT20-08. Reducciones netas de emisiones contaminantes.

Año	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub>	COV	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
2008	3,529.5	13.9	314.2	12.8	295.7	-0.3	-0.2	0.6	0.1	-22,831.5	-1.3
2009	14,153.6	445.5	1,297.6	54.8	1,221.0	1.2	0.6	2.9	4.5	-12,908.2	-1.1
2010	19,137.8	602.3	1,755.8	74.2	1,652.2	1.6	0.8	3.8	6.1	-17,641.5	-1.4

\*Signo (-) significa aumentos en las emisiones

## Referencias

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 3er Informe de Gobierno 2008-2009. Anual, D.F. Federal, 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G6-6-PT22	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 2
Medida 22. Renovación de autobuses de la RTP y de servicios de transportes eléctricos		

Los efectos se estimaron calculando la diferencia entre las emisiones de los autobuses nuevos y los autobuses RTP antiguos. A falta de información detallada del proceso de renovación se empleó un promedio de edad de los vehículos retirados e incorporados con base en el inventario de emisiones 2002 (SMA\_02 2005) e información proporcionada por la DPCAIE-SMADF<sup>5</sup>.

Cuadro G6-6-PT22-01. Esquema de renovación de unidades.

Vehículo	Edad	Unidades
Antiguos	17 años	1,119
Nuevos	5 años	1,119

Los factores de emisión correspondientes se determinaron con el modelo Mobile6Mex (ver cuadro G6-6-PT22-01).

Cuadro G6-6-PT22-02. Factores de emisión (gr/km).

Vehículo	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
Antiguos	13.431	17.0224	5.9758	0.257	5.90	1.370	1.234	0.017	0.3851	1156.67	0.2667
Nuevos	10.650	5.053	3.0019	0.129	2.82	0.497	0.388	0.017	0.0642	1156.67	0.2667

Para determinar la actividad de esta flota vehicular se recurrió a información publicada en el Anuario de Transporte y vialidad 2004.

Cuadro G6-6-PT22-03. Actividad de los autobuses RTP (elaborada con base en (Setravi\_01 2005).

	1999		2003	
	días	Km/año	días	Km/año
Laborables	108	23,652	222	48,618
No laborables	257	73,502	143	40,898
Total =	365	97,154	365	89,516

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

<sup>5</sup> Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

El cuadro G6-6-PT22-04 presentan las emisiones asociadas a las flotas retiradas e incorporadas.

Cuadro G6-6-PT22-04. Emisiones contaminantes por flota RTP (ton/año).

Vehículo	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
Antiguos	1,564.6	1,982.9	696.1	29.9	687.1	159.6	143.8	2.0	44.9	134,737.4	31.1
Nuevos	1,066.7	506.1	300.7	12.9	283.0	49.8	38.9	1.7	6.4	115,861.5	26.7

La diferencia en las emisiones se presenta en el cuadro G6-6-PT22-05.

Cuadro G6-6-PT22-05. Reducción en las emisiones asociados a la instrumentación de la medida (ton/año).

CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
497.8	1,476.8	395.4	17.0	404.1	109.8	104.9	0.3	38.4	18,875.9	4.4

## Referencias

Setravi. Secretaría de Transportes y Vialidad, 2005. Anuario del Transporte y la Vialidad 2004. México:

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G6-12-PT23	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 1
Medida 23. Renovación de la flota de transporte de carga local.		

De acuerdo con los reportes de avance de la SMADF, a finales del 2006 se habían renovado 3,200 unidades de carga a gasolina con apoyos económicos de la SCT (SMADF\_04 2009). El cuadro G6-12-PT23-01 muestra el esquema de renovación de unidades.

Cuadro G6-12-PT23-01. Esquema de renovación de unidades de transporte de carga.

	Unidades	Edad promedio
Antiguos	3,200	30
Nuevos	3,200	5

Se estimaron los factores de emisión para cada flota empleando el modelo Mobile6Mex. Los datos de actividad consideraron la aplicación de la Restricción Vehicular Sabatina.

Cuadro G6-12-PT23-02. Factores de emisión (gr/km).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2
30	407.0020	4.5080	24.7570	2.0301	22.8507	0.1611	0.1144	0.0280	0.0585
5	57.3490	2.4080	4.1150	0.3374	3.7981	0.0475	0.0348	0.0280	0.0500

Cuadro G6-12-PT23-03. Actividad.

Edad	Km/día	día/año	A (km/año)
>10 años	200	301	60200
<= 10 años	200	365	73000

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

El cuadro G6-12-PT23-04 presenta las emisiones correspondientes a cada flota y las diferencias representan las reducciones en las emisiones asociadas a la instrumentación de la medida.

Cuadro G6-12-PT23-04. Emisiones (ton/año).

Edad	CO	NOx	COT	CH <sub>4</sub> *	COV *	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
30	78,404.9	868.4	4,769.2	391.1	4,402.0	31.0	22.0	5.4	11.3	56,940.9	5.0
5	13,396.7	562.5	961.3	78.8	887.2	11.1	8.1	6.5	11.7	60,827.9	6.0
diferencia	65,008.1	305.9	3,807.9	312.2	3,514.7	19.9	13.9	-1.1	-0.4	-3,887.0	-1.1

\*Incluidos en los COT

Clave: G6-16-PT26	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 3
Medida 26. Establecimiento de una red de trenes suburbanos		

Para el cálculo de los beneficios se estimaron las emisiones contaminantes correspondientes al uso de transporte público en las modalidades determinadas en 2004 considerando el número de pasajeros transportados por el tren suburbano.



Croquis de ruta del Tren Suburbano Cuautitlán-Buenavista (fsuburbanos s.f.).

De acuerdo con información oficial publicada por la empresa operadora del tren suburbano se transportan 320,000 pasajeros al día (fsuburbanos s.f.). Se consideró que los pasajeros que hacen uso del tren suburbano dejaron de usar autobuses, microbuses y combis. Se estima que el 65% viajes en la ZMVM se realizan en conjunto por Microbús, combis y autobús, los cuales, se distribuyen como sigue:

Cuadro G6-16-PT26-01. Distribución de la modalidad de transporte en la ZMVM al 2004 sin tren suburbano.

Modalidad	% del total	Modalidad	% Individual
Combi + Microbús + Autobús	65 %	Combi	53.2 %
		Microbús	43.9 %
		Autobús	2.5 %

La distribución de los pasajeros por modalidad resultante se presenta en el cuadro G6-16-PT26-02:

Cuadro G6-16-PT26-02. Distribución de los viajes (viajes/día).

Modalidad	Pasajeros	Capacidad (SMA_01 2008)	No. de viajes
Combi	171,296	12	14274
Microbús	140,548	36	3904
Autobús	8,156	52	156

Se consideraron cuatro rutas principales de transporte de pasajeros que son sustituidas por el tren suburbano y se distribuyeron uniformemente los viajes en las cuatro rutas.

Cuadro G6-16-PT26-03. Viajes por ruta y tipo de vehículo (viajes/ruta-día)

Ruta	Combi	Microbús	Autobús
Cuautitlán-Politécnico	3569	976.0	39.0
Cuautitlán-El Rosario	3569	976.0	39.0
Lechería-Politécnico	3569	976.0	39.0
Lechería-El Rosario	3569	976.0	39.0

Los principales tramos pagados considerados fueron Cuautitlán-Fortuna, Cuautitlán-Buenavista, Lechería-Fortuna y Lechería-Buenavista. Los destinos férreos Fortuna y Buenavista sustituyen los destinos carreteros Politécnico y El Rosario. Empleando sistemas de información geográfica se estimaron los kilómetros carreteros en las rutas Cuautitlán-Politécnico, Cuautitlán-El Rosario, Lechería-Politécnico y Lechería-El Rosario por rutas propuestas y se calcularon los kilometrajes por tipo de vehículo equivalentes.

Cuadro G6-16-PT26-04. Kilometraje por ruta y tipo de vehículo (km/día).

Ruta	Km/viaje	Km/día totales		
		Combi	Microbús	Autobús
Cuautitlán -Politécnico	22	78507.0	21472.0	858.0
Cuautitlán -El Rosario	25	89212.5	24400.0	975.0
Lechería-Politécnico	15	53527.5	14640.0	585.0
Lechería-El Rosario	18	64233.0	17568.0	702.0
Total		285480.0	78080.0	3120.0

Los factores de emisión se determinaron con el modelo Mobile6-Méx y se aplicó el promedio ponderado a la flota vehicular 2008 proporcionada por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal para cada tipo de vehículo.

Cuadro G6-16-PT26-05. Factores de emisión (gr/km)

Tipo de vehículo	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2
Combi a gasolina	37.5455	2.3553	4.9543	0.2130	4.6620	0.0200	0.0108	0.0592	0.0375	259.3096
Minibús a gasolina	102.9156	4.6793	8.8565	0.3631	8.3606	0.0265	0.0158	0.0468	0.0481	263.3461
Autobús a diesel	11.9824	10.4039	3.9661	0.0042	3.9146	0.7553	0.6064	0.0168	0.0658	1156.6671

Las emisiones correspondientes a los pasajeros transportados se calculan empleando la ecuación (1) y los resultados se presentan en el cuadro G6-16-PT26-06.

$$\text{Emisiones (Ton/año)} = \text{Kilometraje (km/día)} * \text{Factor de emisión (gr/km)} * 365/1E6 \quad (1)$$

Cuadro G6-16-PT26-06. Reducción de emisiones anuales (ton/año).

Tipo de vehículo	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2
Combi a gasolina	3,912.2	245.4	516.2	22.2	485.8	2.1	1.1	6.2	3.9	27,020.1
Minibus a gasolina	2,933.0	133.4	252.4	10.3	238.3	0.8	0.5	1.3	1.4	7,505.2
Autobús a diesel	13.6	11.8	4.5	0.0	4.5	0.9	0.7	0.0	0.1	1,317.2
Total	6,858.9	390.6	773.2	32.6	728.5	3.7	2.3	7.5	5.4	35,842.5

## Referencias

fsuburbanos. Presentación del Tren suburbano. [www.fsuburbanos.com](http://www.fsuburbanos.com), (último acceso: 25 de Septiembre de 2009).

IAL. 2007. Instituto de Aire Limpio. Revisión crítica de la información sobre la restricción vehicular sabatina. . México: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federa, 2007.

Setravi. Secretaría de Transportes y Vialidad, 2005. Anuario del Transporte y la Vialidad 2004. México.

Clave: G6-9-PT30	Grupo: 6-Transporte	Páginas: 4
Medida 30. Fomento del uso de combustibles alternativos en vehículos del sistema de transporte público de pasajeros.		

Los cambios en las emisiones se determinaron con base en la diferencia entre las emisiones de los vehículos a gasolina que fueron convertidos a GLP y GNC. En cuadro G6-9-PT30-01 muestra el resultado al comparar las flotas 1998 y 2008 facilitadas por la SMADF.

Cuadro G6-9-PT30-01. Esquema de sustitución de unidades de transporte público.

Modelo	Microbuses sustituidos	GLP	GNC	Edad al año 2008
1982	3	3		27
1983	-	0		26
1984	3	3		25
1985	4	3	1	24
1986	8	8		23
1987	5	5		22
1988	41	41		21
1989	317	316	1	20
1990	2,312	2,242	70	19
1991	5,214	5,104	110	18
1992	6,593	6,498	95	17
1993	856	851	5	16
1994	110	110		15
1995	30	30		14
1996	-	0		13
1997	5	5		12
1998	18	18		11
1999	22	22		10
2000	12	12		9
Total	15,553	15,271	282	

Se estimaron los factores de emisión para cada flota empleando el modelo Mobile6Mex y se complementaron con datos de informes anteriores (SMA\_01 2008). Los datos de actividad consideraron la aplicación de la Restricción Vehicular Sabatina.

Cuadro G6-9-PT30-02. Factores de emisión para microbuses a gasolina (gr/km).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	136.7705	6.2284	12.7559	0.5485	12.0033	0.0396	0.0229	0.0070	0.0585	264.1672	0.2642
26	136.7705	6.2284	12.7559	0.5485	12.0033	0.0396	0.0229	0.0094	0.0585	265.4496	0.2654
25	135.9399	6.2284	12.6670	0.5447	11.9196	0.0193	0.0107	0.0094	0.0575	264.1672	0.2642
24	136.7705	6.2284	12.7559	0.5485	12.0033	0.0188	0.0104	0.0120	0.0530	254.3377	0.2543
23	135.9399	6.2284	12.6670	0.5447	11.9196	0.0191	0.0106	0.0148	0.0519	251.9936	0.2520
22	135.1094	6.2284	12.5788	0.5409	11.8367	0.0190	0.0105	0.0201	0.0514	256.7259	0.2567
21	134.2796	6.2284	12.4899	0.5371	11.7530	0.0183	0.0101	0.0255	0.0517	260.3934	0.2604
20	133.4315	6.2284	12.3996	0.5332	11.6680	0.0181	0.0100	0.0310	0.0514	262.8972	0.2629
19	132.5128	6.2284	12.3019	0.5290	11.5761	0.0187	0.0104	0.0363	0.0495	256.7259	0.2567
18	132.0906	5.1052	10.5315	0.4529	9.9101	0.0188	0.0104	0.0605	0.0491	262.8972	0.2629
17	131.0639	5.0789	10.4565	0.4496	9.8396	0.0188	0.0104	0.0605	0.0500	260.3934	0.2604
16	129.9490	5.0503	10.3750	0.4461	9.7628	0.0186	0.0103	0.0605	0.0507	262.8972	0.2629
15	128.7401	5.0192	10.2868	0.4423	9.6799	0.0190	0.0105	0.0615	0.0512	266.7444	0.2667
14	60.6942	2.2204	4.5413	0.1953	4.2734	0.0188	0.0104	0.0626	0.0500	262.8972	0.2629
13	43.4646	2.6784	3.1861	0.1370	2.9981	0.0190	0.0105	0.0625	0.0512	265.4496	0.2654
12	40.4443	3.1327	3.1706	0.1363	2.9835	0.0193	0.0107	0.0632	0.0507	260.3934	0.2604
11	35.8236	4.4242	3.0906	0.1329	2.9082	0.0190	0.0105	0.0632	0.0512	261.6393	0.2616
10	33.1446	4.1512	2.8400	0.1221	2.6724	0.0192	0.0106	0.0632	0.0519	256.7259	0.2567
9	30.2396	3.8530	2.5675	0.1104	2.4160	0.0190	0.0105	0.0632	0.0512	261.6393	0.2616

Cuadro G6-9-PT30-03. Factores de emisión para microbuses a GLP (gr/km).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
26	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
25	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
24	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
23	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
22	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
21	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
20	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
19	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
18	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
17	24.0000	5.7000	8.4000	0.4000	8.0000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0064	22.2100	0.0050
16	1.0000	5.7000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
15	1.0000	5.7000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
14	1.0000	2.6000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
13	1.0000	2.6000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
12	1.0000	2.6000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
11	1.0000	2.6000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0208	0.0111	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
10	1.0000	2.6000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0192	0.0102	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050
9	1.0000	2.6000	0.8500	0.1500	0.7000	0.0188	0.0100	0.1288	0.0039	22.2100	0.0050

Cuadro G6-9-PT30-04. Factores de emisión para microbuses a GNC (gr/km).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
26	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
25	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
24	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
23	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
22	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
21	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
20	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
19	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
18	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
17	12.0000	5.7000	11.4000	10.0000	1.4000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0064	550.0000	0.0050
16	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
15	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
14	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
13	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
12	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
11	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
10	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050
9	1.0000	5.7000	3.2000	3.0000	0.2000	0.0150	0.0070	0.0391	0.0039	550.0000	0.0050

Cuadro G6-9-PT30-05. Actividad.

Edad	Km/día	día/año	A (km/año)
>10 años	200	299	60200
<= 10 años	200	365	73000

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * FE_{i,j} * \frac{A_i}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Emisiones de los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$N_i$  = Número de vehículos de edad  $i$ .

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión para los vehículos de edad  $i$  del contaminante  $j$ .

$A_i$  = Actividad de los vehículos de edad  $i$ .

Los cuadros G6-9-PT30-06 al 08 presentan las emisiones correspondientes a cada flota.

Cuadro G6-9-PT30-06. Emisiones de Microbuses a gasolina (ton/año).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	24.5	1.1	2.3	0.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	47.4	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	24.4	1.1	2.3	0.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	47.4	0.0
24	32.7	1.5	3.1	0.1	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	60.8	0.1
23	65.0	3.0	6.1	0.3	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	120.6	0.1
22	40.4	1.9	3.8	0.2	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	76.8	0.1
21	329.2	15.3	30.6	1.3	28.8	0.0	0.0	0.1	0.1	638.4	0.6
20	2,529.4	118.1	235.1	10.1	221.2	0.3	0.2	0.6	1.0	4,983.6	5.0
19	18,320.9	861.1	1,700.8	73.1	1,600.5	2.6	1.4	5.0	6.8	35,494.3	35.5
18	41,185.5	1,591.8	3,283.7	141.2	3,089.9	5.9	3.2	18.9	15.3	81,970.6	82.0
17	51,673.5	2,002.4	4,122.6	177.3	3,879.4	7.4	4.1	23.9	19.7	102,663.1	102.7
16	6,651.9	258.5	531.1	22.8	499.7	1.0	0.5	3.1	2.6	13,457.4	13.5
15	846.9	33.0	67.7	2.9	63.7	0.1	0.1	0.4	0.3	1,754.6	1.8
14	108.9	4.0	8.1	0.4	7.7	0.0	0.0	0.1	0.1	471.6	0.5
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	12.1	0.9	0.9	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	77.9	0.1
11	38.6	4.8	3.3	0.1	3.1	0.0	0.0	0.1	0.1	281.6	0.3
10	43.6	5.5	3.7	0.2	3.5	0.0	0.0	0.1	0.1	337.7	0.3
9	21.7	2.8	1.8	0.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	187.8	0.2
Total	121,949.2	4,906.7	10,007.0	430.3	9,416.6	17.5	9.7	52.2	46.2	242,671.6	242.7

Cuadro G6-9-PT30-07. Emisiones de Microbuses a GLP (ton/año).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	5.3	1.2	1.8	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	5.3	1.2	1.8	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0
24	5.3	1.2	1.8	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	0.0
23	14.0	3.3	4.9	0.2	4.7	0.0	0.0	0.1	0.0	13.0	0.0
22	8.8	2.1	3.1	0.1	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0
21	71.8	17.1	25.1	1.2	23.9	0.1	0.0	0.4	0.0	66.5	0.0
20	553.6	131.5	193.8	9.2	184.5	0.5	0.3	3.0	0.1	512.3	0.1
19	3,928.0	932.9	1,374.8	65.5	1,309.3	3.4	1.8	21.1	1.0	3,635.0	0.8
18	8,942.2	2,123.8	3,129.8	149.0	2,980.7	7.7	4.1	48.0	2.4	8,275.3	1.9
17	11,384.5	2,703.8	3,984.6	189.7	3,794.8	9.9	5.3	61.1	3.0	10,535.4	2.4
16	62.1	354.1	52.8	9.3	43.5	1.3	0.7	8.0	0.2	1,379.8	0.3
15	8.0	45.8	6.8	1.2	5.6	0.2	0.1	1.0	0.0	178.3	0.0

14	2.2	5.7	1.9	0.3	1.5	0.0	0.0	0.3	0.0	48.6	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.4	0.9	0.3	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	0.0
11	1.3	3.4	1.1	0.2	0.9	0.0	0.0	0.2	0.0	29.2	0.0
10	1.6	4.2	1.4	0.2	1.1	0.0	0.0	0.2	0.0	35.7	0.0
9	0.9	2.3	0.7	0.1	0.6	0.0	0.0	0.1	0.0	19.5	0.0
Total =	24,995.2	6,334.6	8,786.6	426.8	8,359.8	23.2	12.4	143.6	6.9	24,759.3	5.6

Cuadro G6-9-PT30-08. Emisiones de Microbuses a GNC (ton/año).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.9	0.4	0.8	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.9	0.4	0.8	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	0.0
19	61.3	29.1	58.3	51.1	7.2	0.1	0.0	0.2	0.0	2,810.5	0.0
18	96.4	45.8	91.5	80.3	11.2	0.1	0.1	0.3	0.1	4,416.5	0.0
17	83.2	39.5	79.1	69.4	9.7	0.1	0.0	0.3	0.0	3,814.3	0.0
16	0.4	2.1	1.2	1.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	200.8	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total =	243.0	117.3	231.7	203.3	28.4	0.3	0.1	0.8	0.1	11,322.3	0.1

Cuadro G6-9-PT30-06. Diferencias en las emisiones de Microbuses (ton/año).

Edad	CO	NOx	COT	CH4	COV	PM10	PM2.5	NH3	SO2	CO2	N2O
27	19.3	-0.1	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	-0.0	0.0	42.5	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	19.1	-0.1	0.4	0.0	0.4	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	42.5	0.0
24	26.6	-0.2	0.4	-0.7	1.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	15.8	0.1
23	51.0	-0.3	1.2	0.0	1.0	-0.0	-0.0	-0.1	0.0	107.6	0.1
22	31.6	-0.2	0.7	0.0	0.6	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	68.7	0.1
21	257.4	-1.8	5.5	0.1	4.9	-0.0	-0.0	-0.3	0.1	572.0	0.6
20	1,974.9	-13.8	40.5	0.2	36.5	-0.1	-0.1	-2.4	0.8	4,431.1	4.9
19	14,331.6	-100.9	267.8	-43.4	284.0	-0.9	-0.4	-16.3	5.8	29,048.8	34.7
18	32,146.9	-577.8	62.4	-88.1	98.0	-2.0	-0.9	-29.5	12.9	69,278.8	80.1
17	40,205.7	-740.9	59.0	-81.8	74.8	-2.6	-1.2	-37.5	16.6	88,313.4	100.3
16	6,589.4	-97.7	477.1	12.4	456.2	-0.3	-0.2	-4.9	2.4	11,876.9	13.1
15	838.8	-12.8	60.8	1.7	58.1	-0.0	-0.0	-0.6	0.3	1,576.3	1.7
14	106.7	-1.7	6.3	0.0	6.1	-0.0	-0.0	-0.2	0.1	423.0	0.5
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	11.7	-0.0	0.6	-0.0	0.6	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	69.8	0.1
11	37.2	1.3	2.2	-0.1	2.2	-0.0	-0.0	-0.1	0.0	252.4	0.3
10	42.0	1.3	2.4	-0.1	2.4	-0.0	-0.0	-0.1	0.1	302.1	0.3
9	20.8	0.5	1.1	-0.1	1.1	-0.0	-0.0	-0.1	0.0	168.3	0.2
Total =	96,711.0	-1,545.2	988.7	-199.8	1,028.4	-6.0	-2.9	-92.2	39.2	206,590.0	237.0

\*Valores negativos significan aumento en las emisiones

## Referencias

Setravi. Secretaría de Transportes y Vialidad, 2005. Anuario del Transporte y la Vialidad 2004. México:

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México-2006. México, 2008.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, Dirección General de Inventarios de Emisión. Proaire 2002-2010, Avances. 2009.

SMA-GDF. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2009. Base de datos del Inventario de emisiones 2008. D.F.

Clave: G3-4-PT36	Grupo: 3-Vialidad	Páginas: 7
Medida 36. Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM.		

Caso: CIRCUITO EXTERIOR MEXIQUENSE

El cuadro G3-4-PT36-01 presenta los datos técnicos del Circuito Exterior Mexiquense de acuerdo con información publicada por el gobierno del Estado de México para las fases 1 y 2. La figura G3-4-PT36-01 muestra un croquis de la ruta del Circuito:

Cuadro G3-4-PT36-01. Datos técnicos del Circuito Exterior Mexiquense (GEMEX\_01 s.f.)

Longitud	90.6	km
Velocidad de proyecto	110	km/hr
Origen	Autopista México – Querétaro	
Última salida	Autopista México -Puebla.	
Número de cruces diarios	2008	
	107,050	



Figura G3-4-PT36-01. Croquis del Circuito Exterior Mexiquense (GEMEX\_01 s.f.)

Para caracterizar el tráfico vehicular en el Circuito se consideraron las características de la autopista México-Querétaro en su tramo Tepotzotlán-Tepalcapa y las características de la autopista México-Puebla en su tramo México-Chalco.

Cuadro G3-4-PT36-02. Caracterización del aforo vehicular (SCT\_01 2005)

Tramo	A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC
Tepeji del Río-Tepalcapa	61.2%	0.2%	5.2%	8.0%	0.7%	7.1%	0.2%	11.5%	2.1%	0.2%	0.7%	1.9%
México-Chalco	87.8%	0.0%	4.0%	4.0%	0.7%	1.7%	0.0%	0.9%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
Promedio	74.50%	0.10%	4.60%	6.00%	0.70%	4.40%	0.10%	6.20%	1.05%	0.25%	0.35%	0.95%

Se homologó la clasificación empleada por la SCT con la que se maneja en el Inventario de emisiones como se muestra en el cuadro G3-4-PT36-03. La clasificación del aforo vehicular de acuerdo a la clasificación del inventario de emisiones se presenta en el cuadro G3-4-PT36-04.

Cuadro G3-4-PT36-03. Homologación de categorías SCT con el inventario de emisiones

Vehículo	SCT	IE
Automóvil	A	AP
Automóvil con remolque	AR	PU
Autobuses	B	AUT
Camión de dos ejes	C2	V<3
Camión de tres ejes	C3	V<3
Camión de cuatro ejes	C4	V>3
Camión de cinco ejes	C5	V>3
Camión de seis ejes	C6	TRA
Camión de siete ejes	C7	TRA
Camión de ocho ejes	C8	TRA
Camión de nueve ejes	C9	TRA
Vehículos no clasificados	VNC	PU

Cuadro G3-4-PT36-04. Caracterización según el Inventario de emisiones

AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
74.5%	1.1%	6.7%	4.5%	7.9%	4.6%

Con la caracterización anterior se calculan los volúmenes de cada tipo de vehículo que cruzan diariamente por el Circuito Exterior Mexiquense. Los aforos para el 2010 se verán afectados por la crisis económica, para estimar la Tasa de Crecimiento Media Anual se emplearon los resultados de las proyecciones del PIB 2010 presentadas por Hernández (2008).

Cuadro G3-4-PT36-05. Cambios en los aforos aplicables para el periodo 2010.

AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
-8.9%	2.7%	0.7%	5.9%	-8.2%	-9.4%

Cuadro G3-4-PT36-06. Parque vehicular que cruza el Circuito Exterior Mexiquense (unidades/día).

Año	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
2008	79,752	1,124	7,172	4,817	8,403	4,924
2010	72,654	1,154	7,222	5,101	7,714	4,461

Para los vehículos que cruzan el Distrito Federal se consideraron dos tipos de vialidades; Vía rápida y arterias. Empleando sistemas de información geográfica se estimó el kilometraje para cada tipo de

vialidad para una ruta propuesta con origen en la caseta de Tepetzotlán y destino en la caseta de salida a Puebla. Las velocidades promedio se calcularon con base en estudios presentados en 2004 (Davis, et al. 2004).

Cuadro G3-4-PT36-07. Velocidades promedio de las vialidades de la ZMVM.

Escenarios	Longitud (km)	VP (km/hr)	Tiempo (hr)
Circuito Exterior Mexiquense	91	110	0.827
Cruzando el DF	Vía rápida	30.4 <sup>(4)</sup>	1.646
	Arterias	17.7 <sup>(4)</sup>	1.753

4) Fuente: Davis et al 2004.

El parque vehicular que cruza el Circuito Exterior Mexiquense se distribuyó por edad siguiendo las características del parque vehicular de la ZMVM. Se modelaron los factores de emisión empleando el modelo Mobile6Mex para tres escenarios de velocidad promedio: Circuito Exterior Mexiquense, vía rápida y arterias. Los cuadros G3-4-PT36-06-A, G3-4-PT36-06-B y G3-4-PT36-06-C presentan los FE compuestos para las flotas vehiculares que cruzan el Circuito Exterior Mexiquense y sus equivalentes cruzando por el Distrito Federal.

Cuadro G3-4-PT36-08-A. FE Escenario: Circuito Exterior Mexiquense a 100 km/hr (g/km)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
THC	0.6861	1.1722	1.7887	0.6942	0.3903	0.6109
CO	15.1771	19.9751	25.0590	25.2144	3.2803	1.5376
NOX	0.7116	1.0404	1.5146	2.2057	9.3045	1.7620
CO2	220.70	278.00	356.06	526.29	874.46	354.38
PM2.5	0.0088	0.0107	0.0118	0.0427	0.1698	0.1203
Tóxicos	0.0415	0.0695	0.1017	0.0298	0.0513	0.0531
SO2	0.0424	0.0541	0.0699	0.1040	0.2750	0.1126
PM10	0.0172	0.0192	0.0205	0.0558	0.1990	0.1380

Cuadro G3-4-PT36-08-B. FE Escenario: Cruzando el DF Vía Rápida 30.4 km/hr (g/km)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
THC	0.8888	1.5221	2.4295	1.5550	0.8608	0.9627
CO	12.6787	17.0789	21.6221	33.5736	5.6240	2.0311
NOX	0.6271	0.9410	1.4083	1.6016	6.0261	1.1013
CO2	220.70	278.00	356.06	526.29	874.46	354.38
PM2.5	0.0101	0.0113	0.0121	0.0405	0.1698	0.1203
Tóxicos	0.0490	0.0863	0.1330	0.1004	0.1130	0.0834
SO2	0.0420	0.0539	0.0699	0.1047	0.2750	0.1126
PM10	0.0185	0.0198	0.0208	0.0535	0.1990	0.1380

Cuadro G3-4-PT36-08-C. FE Escenario: Cruzando el DF; Arterias a 17.7 km/hr (g/km)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
THC	1.1324	1.9260	3.1212	2.4531	1.1827	1.2032
CO	14.3567	19.2356	24.6737	55.3511	8.9627	2.7346
NOX	0.7477	1.0920	1.6116	1.4984	7.1821	1.3344
CO2	220.70	278.00	356.06	526.29	874.46	354.38
PM2.5	0.0101	0.0113	0.0121	0.0404	0.1698	0.1203
Tóxicos	0.0618	0.1089	0.1709	0.1749	0.1554	0.1043
SO2	0.0420	0.0539	0.0699	0.1047	0.2750	0.1126
PM10	0.0185	0.0198	0.0208	0.0535	0.1990	0.1380

Empleando los kilometrajes de cada tramo, las flotas vehiculares que cruzan el Circuito Exterior Mexiquense y los factores de emisión se obtuvieron las diferencias en las emisiones contaminantes cuando se viaja por el Circuito y cuando se viaja cruzando el Distrito Federal durante el 2008 (cuadro G3-4-PT36-09) y durante el 2010 (cuadro G3-4-PT36-10).

Cuadro G3-4-PT36-09. Reducciones en las emisiones contaminantes asociadas al uso del Circuito Exterior Mexiquense durante el 2008. (Ton/año)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT	Total
THC	2,416	58	615	367	324	177	3,957
CO	19,811	388	3,228	6,807	2,155	359	32,749
NOX	1,125	24	234	83	569	55	2,090
CO2	393,966	6,994	57,159	56,745	164,473	39,058	718,396
PM2.5	21	0	2	4	32	13	72
Tóxicos	124	3	33	27	43	15	246
SO2	74	1	11	11	52	12	162
PM10	36	1	3	5	37	15	98
Total	417,574	7,470	61,285	64,050	167,685	39,706	757,769

Cuadro G3-4-PT36-10. Reducciones en las emisiones contaminantes asociadas al uso del Circuito Exterior Mexiquense durante el 2010. (Ton/año)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT	Total
THC	2,201	60	619	389	298	161	3,727
CO	18,048	399	3,250	7,208	1,979	326	31,210
NOX	1,025	25	236	88	522	50	1,945
CO2	358,903	7,183	57,559	60,093	150,986	35,387	670,111
PM2.5	19	0	2	4	29	12	67
Tóxicos	113	3	33	29	39	14	232
SO2	68	1	11	12	47	11	151
PM10	33	1	3	6	34	14	90
Total	380,410	7,672	61,714	67,828	153,935	35,973	707,532

#### Caso: Libramiento Arco Norte

El cuadro G3-4-PT36-11 presenta los datos técnicos del Arco Norte de acuerdo con información publicada por la SCT. La figura G3-4-PT36-02 muestra un croquis de la ruta del libramiento Arco Norte.

Cuadro G3-4-PT36-11. Datos técnicos del Arco Norte (Fuente: SCT)

Longitud: Querétaro - Puebla	176.37 km
Velocidad de proyecto	110 km/hr
Origen	Estado de México
Última salida	Puebla.

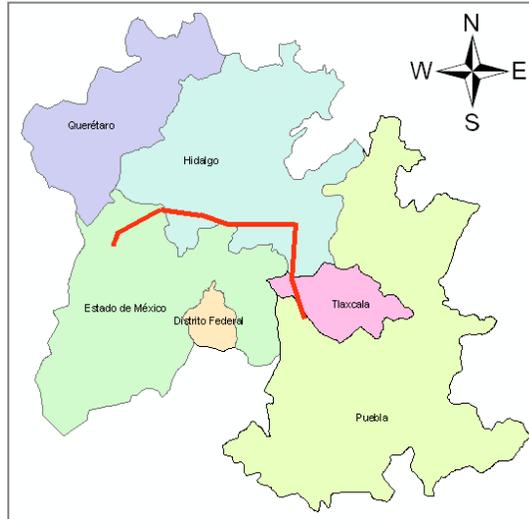


Figura G3-4-PT36-02. Croquis del libramiento Arco Norte (modificado de .

Para caracterizar el tráfico vehicular en el Circuito se consideraron las características de la autopista México-Querétaro en su tramo Tepotzotlán-Tepalcapa y las características de la autopista México-Puebla en su tramo México-Chalco.

Cuadro G3-4-PT36-12. Caracterización del aforo vehicular (SCT\_01 2005)

Tramo	A	AR	B	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	VNC
Tepeji del Río-Tepalcapa	61.2%	0.2%	5.2%	8.0%	0.7%	7.1%	0.2%	11.5%	2.1%	0.2%	0.7%	1.9%
México-Chalco	87.8%	0.0%	4.0%	4.0%	0.7%	1.7%	0.0%	0.9%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
Promedio	74.50%	0.10%	4.60%	6.00%	0.70%	4.40%	0.10%	6.20%	1.05%	0.25%	0.35%	0.95%

Se homologó la clasificación empleada por la SCT con la que se maneja en el Inventario de emisiones como se muestra en el cuadro G3-4-PT36-13. La clasificación del aforo vehicular de acuerdo a la clasificación del inventario de emisiones se presenta en el cuadro G3-4-PT36-14.

Cuadro G3-4-PT36-13. Homologación de categorías SCT con el inventario de emisiones

Vehículo	SCT	IE
Automóvil	A	AP
Automóvil con remolque	AR	PU
Autobuses	B	AUT
Camión de dos ejes	C2	V<3
Camión de tres ejes	C3	V<3
Camión de cuatro ejes	C4	V>3
Camión de cinco ejes	C5	V>3
Camión de seis ejes	C6	TRA
Camión de siete ejes	C7	TRA
Camión de ocho ejes	C8	TRA
Camión de nueve ejes	C9	TRA
Vehículos no clasificados	VNC	PU

Cuadro G3-4-PT36-14. Caracterización según el Inventario de emisiones

AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
74.5%	1.1%	6.7%	4.5%	7.9%	4.6%

Los volúmenes de tráfico que cruzan el libramiento arco norte se estimaron con base a estudios previos (Mendoza, Centeno y Mayoral 2005).

Cuadro G3-4-PT36-15. Parque vehicular que cruza el Arco Norte unidades/día).

Año	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
2008	20,483	288	1,842	1,237	2,158	1,264
2010	21,712	305	1,953	1,311	2,287	1,340

Para los vehículo que cruzan el Distrito Federal se consideraron dos tipos de vialidades; Vía rápida y arterias. Empleando sistemas de información geográfica se estimó el kilometraje para cada tipo de vialidad para una ruta propuesta con origen en la caseta de Tepetzotlán y destino en la caseta de salida a Puebla. Las velocidades promedio se calcularon con base en estudios presentados en 2004 (Davis, et al. 2004).

Cuadro G3-4-PT36-16. Velocidades promedio de las vialidades de la ZMVM.

Escenarios		Longitud (km)	VP (km/hr)	Tiempo (hr)
Arco Norte		176.37	100	1.603
Cruzando el DF	Vía rápida	50	30.4 <sup>(4)</sup>	1.646
	Arterias	31	17.7 <sup>(4)</sup>	1.753

El parque vehicular que cruza el Arco Norte se distribuyó por edad siguiendo las características del parque vehicular de la ZMVM. Se modelaron los factores de emisión empleando el modelo Mobile6Mex para dos escenarios de velocidad promedio: vía rápida y arterias del DF. Los cuadros G3-4-PT36-17-A y G3-4-PT36-17-B presentan los FE compuestos para las flotas vehiculares que cruzan el por la ZMVM y que dejarán de hacerlo para viajar por el libramiento Arco Norte.

Cuadro G3-4-PT36-17-A. FE Escenario: Cruzando el DF Vía Rápida 30.4 km/hr (g/km)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
THC	0.8888	1.5221	2.4295	1.5550	0.8608	0.9627
CO	12.6787	17.0789	21.6221	33.5736	5.6240	2.0311
NOX	0.6271	0.9410	1.4083	1.6016	6.0261	1.1013
CO2	220.70	278.00	356.06	526.29	874.46	354.38
PM2.5	0.0101	0.0113	0.0121	0.0405	0.1698	0.1203
Tóxicos	0.0490	0.0863	0.1330	0.1004	0.1130	0.0834
SO2	0.0420	0.0539	0.0699	0.1047	0.2750	0.1126
PM10	0.0185	0.0198	0.0208	0.0535	0.1990	0.1380

Cuadro G3-4-PT36-17-B. FE Escenario: Cruzando el DF; Arterias a 17.7 km/hr (g/km)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT
THC	1.1324	1.9260	3.1212	2.4531	1.1827	1.2032
CO	14.3567	19.2356	24.6737	55.3511	8.9627	2.7346
NOX	0.7477	1.0920	1.6116	1.4984	7.1821	1.3344
CO2	220.70	278.00	356.06	526.29	874.46	354.38
PM2.5	0.0101	0.0113	0.0121	0.0404	0.1698	0.1203
Tóxicos	0.0618	0.1089	0.1709	0.1749	0.1554	0.1043
SO2	0.0420	0.0539	0.0699	0.1047	0.2750	0.1126
PM10	0.0185	0.0198	0.0208	0.0535	0.1990	0.1380

Empleando los kilometrajes de cada tramo, las flotas vehiculares que utilizarán el libramiento Arco Norte y que actualmente cruzan el DF y los factores de emisión; se obtuvieron las emisiones contaminantes que dejarán de emitirse en la ZMVM durante el 2008 (cuadro G3-4-PT36-18) y durante el 2010 (cuadro G3-4-PT36-19).

Cuadro G3-4-PT36-18. Reducciones en las emisiones contaminantes asociadas al uso del libramiento Arco Norte durante el 2008. (Ton/año)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT	Total
THC	263	6	65	34	29	17	416
CO	3,340	63	516	777	219	39	4,955
NOX	174	4	34	21	176	19	427
CO2	51,376	910	7,454	7,399	21,447	5,091	93,676
PM2.5	2	0	0	1	4	2	9
Tóxicos	14	0	4	2	4	1	26
SO2	10	0	1	1	7	2	21
PM10	4	0	0	1	5	2	12
TOTAL	55,184	983	8,075	8,236	21,891	5,173	99,543

Cuadro G3-4-PT36-19. Reducciones en las emisiones contaminantes asociadas al uso del libramiento Arco Norte para el 2010. (Ton/año)

Contaminante	AP	PU	V<3	V>3	TRA	AUT	Total
THC	279	7	69	36	31	18	441
CO	3,541	67	547	823	233	42	5,252
NOX	184	4	36	22	187	20	453
CO2	54,458	965	7,901	7,843	22,733	5,396	99,296
PM2.5	2	0	0	1	4	2	10
Tóxicos	15	0	4	3	4	2	28
SO2	10	0	2	2	7	2	23
PM10	5	0	0	1	5	2	13
TOTAL	58,495	1,042	8,559	8,731	23,204	5,484	105,515

## Referencias

Davis, N., J. Lents, N. Nikkila, and M. Osses. *Mexico City Vehicle Activity Study*. México, 2004.

GEMEX. Gobierno del Estado de México. *Autopistas*. <http://www.edomex.gob.mx> (último acceso: 10 de Octubre de 2009).

Hernández, A. Tesis: Evaluación del Plan Verde en materia de aire con base en el contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y la modelación de los escenarios. México, 2009.

Mendoza, A., A.G. Centeno, y E.F. Mayoral. Modelo de asignación para los flujos de libramiento y acceso al Área Metropolitana del Valle de México. Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2005.

SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2005. Informe Anual 2004-Volúmenes de tránsito registrados en las estaciones permanentes de conteo de vehículos. México.

SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. 2007. Manual Estadístico del Sector Transporte 2007. Querétaro: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.

Clave: G3-5-PT37	Grupo: 3-Vialidad	Páginas: 2
Medida 37. Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana.		

Para estimar la reducción en las emisiones se consideró un rendimiento de combustible para autos particulares de 9.1 km/lt. El cuadro G3-5-PT37 presenta los ahorros estimados por la SMADF.

Cuadro G3-5-PT37-01. Ahorros anuales asociados a la mejora en la infraestructura vial<sup>6</sup>.

Vialidad	gasolina (lt/año)	Km/año
Segundo piso	1,000,000	3,321,500,000
Segundo piso (2a etapa)	1,000,000	3,321,500,000
Distribuidor Vial Ing. Heberto Castillo Martínez	470,000	1,561,105,000
Puentes Vehiculares de Santa Fe	300,000	996,450,000
Distribuidor vial San Antonio	500,000	1,660,750,000
<b>Total</b>	<b>3,270,000</b>	<b>10,861,305,000</b>

Se aplicaron factores de emisión promedio determinados mediante el modelo Mobile6Mex y se emplearon los mismos para todas las vialidades (cuadro G3-5-PT37-02).

Cuadro G3-5-PT37-02. Factores de emisión (gr/km).

CO	NOx	HCT	CH4	COV	PM10
7.3000	1.5000	1.0470	0.0450	0.9852	0.0180

Para obtener las emisiones contaminantes se aplicó la ecuación (1):

$$E_{i,j} = N_i * \frac{FE_{i,j}}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $E_{i,j}$  = Reducción de emisiones del contaminante j asociada a la vialidad i .

$N_i$  = Número de kilómetros ahorrados por la vialidad i.

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión del contaminante j para aplicable en la vialidad i .

El cuadro G3-5-PT37-03 presenta las emisiones correspondientes a cada caso y la diferencia representa los beneficios de la medida.

<sup>6</sup> Fuente: Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

Cuadro G3-5-PT37-03. Reducción de emisiones (ton/año).

Vialidad	HCT	CO	NOx	PM10	Total
Segundo piso	3,478	24,247	4,982	60	32,767
Segundo piso (2a etapa)	3,478	24,247	4,982	60	32,767
Distribuidor Vial Ing. Heberto Castillo Martínez	1,634	11,396	2,342	28	15,400
Puentes Vehiculares de Santa Fe	1,043	7,274	1,495	18	9,830
Distribuidor vial San Antonio	1,739	12,123	2,491	30	16,383
<b>Total</b>	<b>11,372</b>	<b>79,287</b>	<b>16,292</b>	<b>196</b>	<b>107,147</b>

La estimación de GEI se realizó en función del ahorro en el consumo de combustible que se genera con la utilización de las vialidades. El cuadro G3-5-PT37-04 presenta los datos de gasolina empleados para el cálculo.

Cuadro G3-5-PT37-04. Propiedades específicas de la gasolina.

Propiedades de la gasolina	
FE de CO <sub>2</sub> esp. <sup>(1)</sup>	69,300 Kg CO <sub>2</sub> /TJ
FE de N <sub>2</sub> O esp. <sup>(2)</sup>	0.09807 gr/lt en autos
Poder calorífico <sup>(3)</sup>	3.06454E-05 TJ/lt

- (1) Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, capítulo 3: combustión móvil.  
 (2) Fuente: Inventario de emisiones de GEI de la ZMVM.  
 (3) Fuente: PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Secretaría de Energía.

El cuadro G3-5-PT37-05 resume las reducciones obtenidas en GEI con la medida.

Cuadro G3-5-PT37-05. Reducciones de GEI asociados a la medida (ton/año).

Vialidad	CH4	CO2	N2O
Segundo piso	150	2,123.7	0.0981
Segundo piso (2a etapa)	150	2,123.7	0.0981
Distribuidor Vial Ing. Heberto Castillo Martínez	70	998.2	0.0461
Puentes Vehiculares de Santa Fe	45	637.1	0.0294
Distribuidor vial San Antonio	75	1,061.9	0.0490
<b>Total</b>	<b>490</b>	<b>6,945</b>	<b>0.321</b>

## Referencias

SMA-GDF. PROAIRE 2002-2010, Avances. Preliminar, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2009.

IPCC, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, capítulo 3: combustión móvil. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

SMADF, Inventario de emisiones de GEI de la ZMVM, 2006. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, México, 2008.

PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica, Secretaría de Energía.

Clave: G1-1-PI1	Grupo: 1-Industria y Servicios	Páginas: 2
Medida 1. Reconversión energética en la industria.		

De acuerdo con la información proporcionada por la DPCAIE-SMADF<sup>1</sup>, 74 empresas participaron en la reconversión energética cambiando el uso del diesel por GLP o GN. Suponiendo volúmenes de producción constantes se estiman las reducciones con base en las diferencias entre los consumos de combustible del 2008 y los anteriores (cuadro G1-1-PI1-01).

Cuadro G1-1-PI1-01. Consumos de combustible en las empresas que participaron en la reconversión energética<sup>7</sup> (m<sup>3</sup>/año).

No.	Razón social	ANTES DEL 2008			2008		
		DIESEL	GLP	GN	DIESEL	GLP	GNC
1	INDUSTRIAS CUAMEX, SA DE CV	49				35	
2	PRODUPAN, SA DE CV	1,440				685,093	
3	JOHNSON DIVERSEY MEXICO, S.A. DE C.V.	15				30	
4	BOTOFIN, S.A DE C.V	1				2.7	
5	LANAS FILTEX, S.A DE C.V	180					1173521
6	EMPAQUES DE CARTON UNITED, S.A. DE C.V. PLANTA PAPEL	1,001					4845630
7	PAPELERA IRUÑA, S.A. DE C.V.	34,000					12412493.2
8	ACEITES Y JABONES, S.A.	983					1770196
9	FABRICA DE HILOS TEJ.LA MASCOTA	12				19.2	
10	LABORATORIOS LERBONI, S.A.	24				210	
11	ACABADOS ELECTROMEX, S.A. DE C.V.	10					
12	ALTOPRO, S.A. DE C.V.	36					523,612
13	ALUSUIZA, S.A. DE C.V.	255				24	
14	AURIGA PLASTICOS, S.A. DE C.V.	60					
15	BREMEN, S.A DE C.V	1,240	28				1,333,266
16	BRISTOL MYERS SQUIBB DE MEXICO, S.A. DE C.V.	500					179,432
17	CARTONES Y ENVASES, S.A. DE C.V.	6					
18	CINTAS RAMISAN, S.A. DE C.V.	13					
19	CLARIANT (MEXICO), S.A DE C.V.	27					
20	COLCHAS DIANA, S.A	20					
21	CONFECCIONES MAK, S.A.	12				198	
22	COSBEL, S.A DE C.V	311	33				951,328
23	COZTAN S.A. DE C.V.	84					4,568,852
24	DALBINI DISEÑOS, S.A.	24				12	
25	DISEÑOS ESPAÑOLES, S.A. C.V.	48				56	
26	INDUSTRIAS DE HULE GALGO, S.A. C.V.	552				1,516	
27	EGON MEYER, S.A. DE C.V.	173				173	
28	EMBUTIDOS SELECTOS, S.A DE C.V	96				67	
29	ESPECIALIDADES AUTOADHERIBLES	51	51			382	
30	EVENFLO DE MEXICO, S.A. DE C.V.	61					
31	FABRICA DE DULCES AMIGO S.A. DE C.V.	62					
32	FABRICA DE DULCES Y CHOCOLATES BRUJAS S.A. DE C.V.	156				140	
33	FABRICA DE DULCES Y CHOCOLATES LA GIRALDA S.A. DE C.V.	416				338	
34	FRENOS LUSAC, S.A. DE C.V.	192	227			333	
35	HILATURAS ASTRAL S.A. DE C.V	36				236	
36	INDUSTRIA EMBOTELLADORA NACIONAL	204					
37	INDUSTRIAS ACUARELA, S.A.	96				155	
38	INDUSTRIAS LEON S.A. DE C.V.	133				108	
39	INTERNACIONAL FARMACEUTICA	12				2	
40	LOSETAS ASFALTICAS, S.A. DE C.V.	528				4	
41	MANUF. METALICAS DOMESTICAS	24					
42	MANUFACTURERA PANTITLAN,SACV	48					
43	MARTIMEX SA DE CV	144					
44	MEAD JOHNSON DE MEXICO, S.A. DE C.V.	453					537,706
45	MORE BUSINESS FORMS DE MEX.	12					0
46	PAPELES BELUMOSA,S.A DE C.V.	252					443,605

<sup>7</sup> Dirección de Programas de Calidad del Aire e Inventarios de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

47	PLASTICOS POLA, SA. DE C.V.	32					480,290
48	PRODUCTOS METALICOS STEELE, S.A DE C.V.	640					341,900
49	PROGELA, S.A.	12				11	
50	PROTECCIONES GALVANIZADAS PROGALSA, S.A DE C.V.	1,256					570,000
51	PURIFICADORA DE AGUAS PERULA	108				272	
52	QSB, S.A. DE C.V.	6				36	
53	QUIMICA TLAHUAC, S.A. C.V.	5	1			1	
54	RESINAS Y MATERIALES, S.A. DE C.V.	600					600,000
55	ROTOGRABADORES INTERNACIONALES S.A DE C.V	18				10	
56	SINTENOVO, S.A. DE C.V.	525					
57	TAM-MEX, S.A DE C.V.	24					403,256
58	TEXTILES LEGA, S.A.	12				190	
59	THERMO ENVASES, S.A DE C.V	100					
60	WONG'S S.A. DE C.V.	245				34	
61	YALE DE MEXICO, S.A. DE C.V.	96				481	
62	ABB SISTEMAS, S.A. DE C.V.	54	91			96	
63	ALTA MECÁNICA INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.	47	47			87	
64	ANODIZADOS METALICOS, S.A. DE C.V.	14	61			54	
65	CIA. GALVANIZADORA NACIONAL	370	1,404			1,872	
66	GELATINAS ART, S.A. DE C.V.	300	300			567	
67	MAGNIFL, S. A DE C. V.	8,125		80,101			6,804
68	PRODUCTORA DE COSMETICOS, S.A DE C.V	5	302			19	174,000
69	QUIMICA FOLIAR, S.A. DE C.V.	0	12			12	
70	QUIMICA GUERRA, S.A.	0	12			12	
71	ROVITEX, S.A DE C.V.	1,910	4,246				3,355,012
72	TEXLAMEX, S.A. DE C.V.	232		4,243,029			
73	ZARAM S.A DE C.V.	555	1,729				2,319,896
74	ZAPATA HNOS S.A. DE C.V.	9	99	1,235,561			107,134
	Total	59,352	8,643	5,558,692	0	8,479	37,097,933

Se aplicaron factores de emisión por combustible (cuadro G1-1-PII-02) para determinar las emisiones aplicando la ecuación (1).

Cuadro G1-1-PII-02. Factores de emisión (gr/m<sup>3</sup>).

Combustible	PM10	SO <sub>2</sub>	NOx
Diesel	130.0	681.6	2880.0
GLP	52.8	0.1	1728.0
GN	0.1	0.0	1.6

$$\Delta E_{i,j} = \sum \frac{(\Delta V_i * FE_{i,j})}{1E6} \quad (1)$$

En donde  $\Delta E_{i,j}$  = Cambio en las emisiones del contaminante j por consumo del combustible i.

$\Delta V_i$  = Cambio en el consumo de combustible i.

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión del contaminante j para el combustible i.

El cuadro G1-1-PII-03 presenta las emisiones correspondientes a cada escenario y la diferencia representa los beneficios de la medida.

Cuadro G1-1-PII-03. Emisiones (ton/año).

	PM10	SO <sub>2</sub>	NOx	Total
ANTES DEL 2008	8.85	40.51	194.76	244.12
2008	4.96	0.36	74.01	79.32
Diferencia	3.89	40.15	120.75	164.79

La estimación de GEI se realizaron empleando factores de emisión por defecto para industrias manufactureras propuestos por el IPCC en el 2006 (cuadro G1-1-PI1-04) sobre los cambios en el consumo de combustibles del cuadro G1-1-PI1-01. El cuadro G1-1-PI1-05 muestra las diferencias netas en las emisiones de GEI asociados a la medida.

Cuadro G1-1-PI1-04. Factores de emisión de GEI (kg/TJ).

GEI	Diesel	GLP	GN
CO2	74,100	63,100	64,200
CH4	3	1	3
N2O	0.6	0.1	0.6

Fuente: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Cuadro G1-1-PI1-05. Cambios en las emisiones de GEI (ton/año).

GEI	DIESEL	GLP	GN	Neto
CO2	149,971.23	244.92	-77,183.23	73,032.91
CH4	6.07	0.00	-3.61	2.47
N2O	1.21	0.00	-0.72	0.49

(-) Signo menos significa aumentos en las emisiones

## Referencias

SMA-GDF. PROAIRE 2002-2010, Avances. Preliminar, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, 2009.

IPCC, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, capítulo 2: combustión estacionaria. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006.