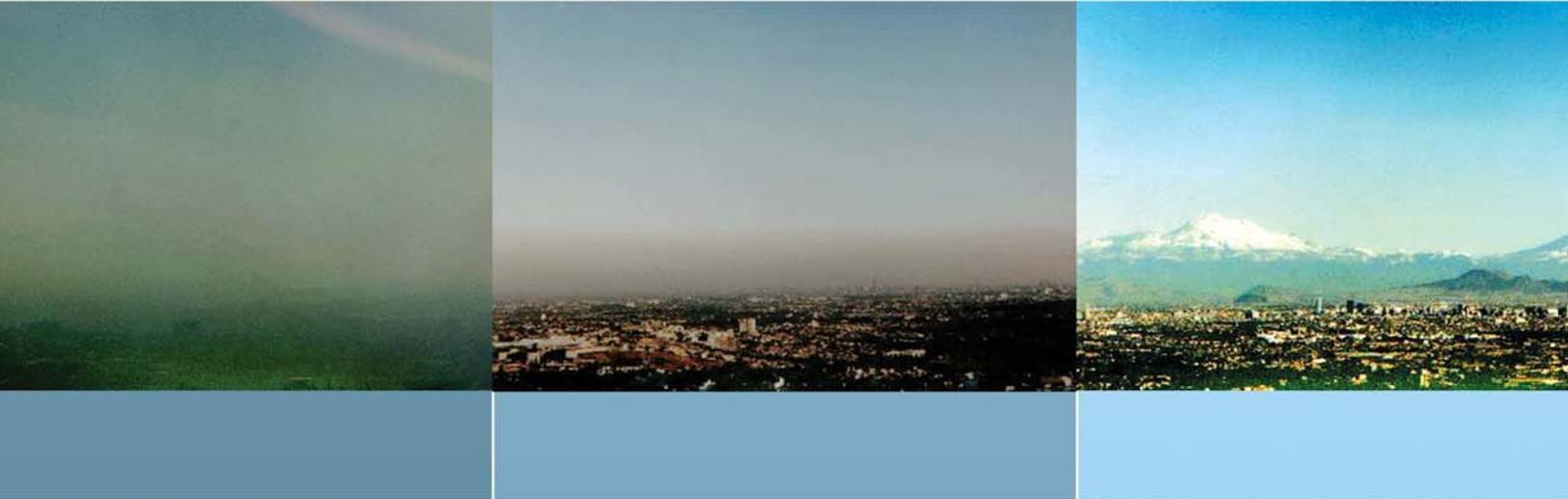




**GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**  
**México, la Ciudad de la Esperanza**  
**Secretaría del Medio Ambiente**



# GESTIÓN AMBIENTAL DEL AIRE



EN EL DISTRITO FEDERAL

AVANCES Y PROPUESTAS  
2000 - 2006



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

Primera Edición 2006

Coordinación Editorial: Guadalupe Graciela Ramos Rodríguez  
Diseño de Portada: Ramón Gaona Díaz  
Fotografías de Portada: Luis Roberto Acosta  
Corrección Tipográfica y Edición: Miguel Ángel Flores Román

---

## **DIRECTORIO**

ALEJANDRO DE JESÚS ENCINAS RODRÍGUEZ  
JEFE DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

EDUARDO VEGA LÓPEZ  
SECRETARIO DEL MEDIO AMBIENTE

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

JORGE SARMIENTO RENTERÍA  
DIRECTOR DE INVENTARIO DE EMISIONES Y FUENTES ESTACIONARIAS

RAFAEL RAMOS VILLEGAS  
DIRECTOR DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

SERGIO ZIRATH HERNÁNDEZ VILLASEÑOR  
DIRECTOR DE INSTRUMENTACIÓN DE POLÍTICAS

CÉSAR FAUSTO GÁLVEZ HERNÁNDEZ  
COORDINADOR DE PROYECTOS



## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| PRESENTACIÓN  | V   |
| I. INTRODUCCIÓN   | 1   |
| II. EL AIRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO  | 7   |
| 2.1 La cuenca del Valle de México   |     |
| 2.2 Características de la ZMVM  |     |
| 2.3 El desarrollo urbano y la zona metropolitana  |     |
| III. ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ZMVM, 1990 – 2005                  | 25  |
| 3.1 Obtención de indicadores de estado y tendencia de los contaminantes atmosféricos                |     |
| 3.2 Análisis de tendencia de los contaminantes atmosféricos   |     |
| 3.3 Análisis de estado de los contaminantes atmosféricos  |     |
| 3.4 Ozono y dióxido de nitrógeno  |     |
| 3.5 Partículas  |     |
| 3.6 Dióxido de azufre   |     |
| 3.7 Monóxido de carbono   |     |
| 3.8 Depósito atmosférico  |     |
| 3.9 Efectos en la salud   |     |
| IV. MARCO LEGAL   | 47  |
| 4.1 Reglamentos en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica                  |     |
| 4.2 Normas Oficiales Mexicanas  |     |
| 4.3 Normas Ambientales del Distrito Federal   |     |
| V. PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002-2010 | 55  |
| 5.1 Estrategia general para la gestión integral de la calidad del aire                              |     |
| 5.2 Objetivos y Metas   |     |
| 5.3 Medidas adoptadas   |     |
| 5.4 Avances de las acciones   |     |
| 5.5 Cronología de los Programas para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 1986-2006               |     |
| VI. EL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO   | 79  |
| 6.1 Antecedentes de monitoreo atmosférico en la ZMVM  |     |
| 6.2 Integración y cobertura del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM                         |     |
| 6.3 Meteorología  |     |
| VII. INVENTARIO Y MODELACIÓN DE EMISIONES   | 101 |
| 7.1 Importancia del inventario de emisiones   |     |
| 7.2 Mejoras del inventario de emisiones   |     |
| 7.3 Emisiones por tipo de fuente  |     |
| 7.4 Distribución de las emisiones   |     |
| 7.5 Evolución de las emisiones 1994 - 2004  |     |
| 7.6 Inventario de contaminantes tóxicos   |     |
| 7.7 Modelación de medidas de control de emisiones y aplicación de modelos numéricos                 |     |
| VIII. FUENTES ESTACIONARIAS   | 127 |
| 8.1 La industria ubicada en el Distrito Federal   |     |
| 8.2 Reducción de emisiones en las 300 industrias más emisoras                                       |     |
| 8.3 Distribución y consumo de solventes en la ZMVM  |     |
| 8.4 Programa de exención al PCAA  |     |



|  |     |
|--|-----|
| IX. FUENTES MÓVILES  | 137 |
| 9.1 Verificación vehicular   |     |
| 9.2 Sustitución de convertidores catalíticos                                   |     |
| 9.3 Programa Hoy No Circula  |     |
| 9.4 Autorregulación de flotillas a diesel                                      |     |
| 9.5 Combustibles alternos  |     |
| 9.6 Proyecto Piloto Retrofit para Autobuses Urbanos a Diesel                   |     |
| 9.7 Equipamiento de medición de emisiones vehiculares                          |     |
| X. TRANSPORTE SUSTENTABLE  | 193 |
| 10.1 Estrategia de transporte y medioambiente                                  |     |
| 10.2 Pruebas de tecnologías de autobuses y combustibles                        |     |
| 10.3 Proyectos de transporte vinculados al medio ambiente                      |     |
| XI. INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS   | 205 |
| 11.1 Coordinación intergubernamental   |     |
| 11.2 La Comisión Ambiental Metropolitana                                       |     |
| 11.3 El Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas                     |     |
| XII. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN   | 213 |
| 12.1 Licencia ambiental única  |     |
| 12.2 Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes                    |     |
| 12.3 Autorregulación ambiental   |     |
| 12.4 Instrumentos económicos   |     |
| XIII. VIGILANCIA AMBIENTAL DEL AIRE  | 221 |
| 13.1 Fuentes fijas   |     |
| 13.2 Fuentes móviles   |     |
| 13.3 Vehículos ostensiblemente contaminantes                                   |     |
| XIV. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL DEL AIRE                             | 225 |
| 14.1 Monitoreo atmosférico   |     |
| 14.2 Pronóstico meteorológico  |     |
| 14.3 Pronóstico de calidad del aire  |     |
| 14.4 Verificación vehicular  |     |
| 14.5 Publicaciones   |     |
| XV. UN MENÚ DE ACCIONES PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS                                 | 235 |
| FUENTES DE INFORMACIÓN   | 251 |
| ANEXO 1. EXTRACTOS DE LA LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL Y SU<br>REGLAMENTO | 255 |

## PRESENTACIÓN

La mejora continua de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es uno de los grandes retos a los que se han enfrentado las diferentes administraciones que han gobernado esta área. Hoy día, casi todos los contaminantes normados se encuentran bajo control, debido a las medidas que se han instrumentado en los diversos programas aplicados, desde finales de los años ochenta y principios de los noventa, hasta la fecha. Los contaminantes que aún exceden las normas de calidad del aire para protección de la salud son el ozono y las partículas suspendidas finas, a los que se han dirigido los mayores esfuerzos para abatir sus emisiones y las de sus precursores.

El presente documento da cuenta del resultado de la gestión de la calidad del aire del período comprendido del 5 de diciembre del año 2000 al 4 de diciembre del año 2006, en él se describen en forma amplia las diferentes actividades que desarrolló la Dirección General de Gestión Ambiental del Aire (DGGAA) de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

La DGGAA recupera la herencia de más de quince años consecutivos de trabajos continuos para mejorar la calidad del aire de la capital del país, con lo que su reto principal ha sido mantener el paso logrado en la reducción de las emisiones de contaminantes y en la medida de lo posible, mejorar los principales programas de reducción de emisiones como el Programa de Verificación Vehicular, el Programa de Reemplazo de Convertidores Catalíticos (PIREC), el Programa Hoy No Circula, el Programa de Autorregulación de Vehículos a Diesel, entre otros. Todos ellos fueron actualizados y optimizados permitiendo mantener las tendencias decrecientes de las emisiones del parque vehicular en circulación. Esto quedó evidenciado en la campaña efectuada en el 2005 con el Sensor Remoto de Emisiones (FEAT) al comparar los valores promedio de emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de los gases de escape de los vehículos, con los obtenidos en una campaña de medición realizada en el año 2000.

Un elemento fundamental desarrollado durante el año 2003, fue la homologación de la operación del Sistema de Administración y Seguimiento de la Verificación Vehicular (SIVEV), el cual fue concluido a principios de 2004. El SIVEV sirve como herramienta para dar seguimiento institucional a las verificaciones aplicadas en el Distrito Federal y detectar los problemas que puedan estar ocurriendo en los Verificentros.

Por otra parte, se puso énfasis en dotar a las componentes del monitoreo atmosférico de una visión sistémica, de ahí nace su actual denominación “Sistema de Monitoreo Atmosférico – SIMAT”, que permitiera avanzar hacia un sistema de calidad en donde el eje principal es garantizar la calidad de los datos que se generan y ofrecen a la comunidad en forma permanente y continua. El SIMAT reorganizó las tareas operativas y creó el Laboratorio de Transferencia de Estándares que permitió incrementar la calidad de la información generada a través de la



correcta y permanente operación de los equipos de monitoreo. Lo anterior quedó reflejado en las auditorías que realizó la Agencia de Protección del Ambiente de los EUA en los años 2003 y 2005, concluyendo que los instrumentos operaban adecuadamente. Asimismo, en el 2003 se puso en operación en la ZMVM la primera red de monitoreo de  $PM_{2.5}$  con quince instrumentos que permiten caracterizar este importante contaminante y con ello inducir la aplicación de medidas orientadas a su control.

De igual forma, en esta administración se dio una especial importancia a la elaboración de los inventarios de emisiones y al empleo de modelos matemáticos de simulación química y fotoquímica, acoplados a modelos de simulación meteorológica, por considerarlos herramientas básicas necesarias para identificar las fuentes emisoras de contaminantes, estudiar su comportamiento, identificar las estrategias más efectivas de control de las emisiones y evaluar escenarios tecnológicos y sociales para posibles políticas y proyectos a ser aplicados. Las metodologías y la calidad de la información para elaborar los inventarios de emisiones se mejoraron como producto de una auditoría técnica realizada en el 2002 por una empresa consultora norteamericana especializada, a los comentarios y sugerencias hechas por académicos y científicos mexicanos e internacionales, en particular por el Doctor Mario Molina y sus colaboradores, y a la generación de información experimental de fuentes de emisión locales.

Finalmente, es conveniente mencionar algunos proyectos y estudios que apoyaron el desarrollo de las actividades en materia de calidad del aire como fueron el proyecto piloto “retrofit” instalando trampas de partículas en algunos autobuses de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) y usando diesel de ultra bajo contenido de azufre, proyecto que demostró la viabilidad y beneficios que trae consigo esta tecnología; las pruebas de autobuses con diversas tecnologías y combustibles como apoyo al diseño del Metrobús; el estudio de medición de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) que permitirá iniciar su monitoreo continuo y calibrar el recientemente publicado primer Inventario de Contaminantes Tóxicos del Aire de la ZMVM, 2004; los estudios del Doctor Mario Molina que han venido apoyando a la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) en el diseño de la política de calidad del aire y en la profundización del conocimiento científico que subyace en esta temática.

**Mtro. Eduardo Vega López**  
**Secretario del Medio Ambiente**

## I. INTRODUCCIÓN

No podemos declarar responsables de la contaminación atmosférica a los antiguos pobladores de la Cuenca de México, ni a quienes contribuyeron a alcanzar el paradigma de “civilización y progreso” adoptado por el mundo occidental a raíz de la revolución industrial del siglo XVIII; es evidente que la crisis ambiental surge por el modelo desarrollista del siglo XX.

En efecto, el desarrollo de las actividades industriales, comerciales y de servicios ha apoyado de manera significativa a la economía del país, ya que a partir de esto se han creado empleos y se ha aportado al Producto Interno Bruto (PIB). Sin embargo, no se puede soslayar el impacto que esto ha producido en el medio ambiente como lo han sido las emisiones contaminantes al aire debidas a algunas de estas actividades, lo cual ha constituido un riesgo para el ambiente y la salud de la población, debido entre otros factores, a la planeación inadecuada del desarrollo urbano que ha provocado que grandes asentamientos humanos se instalen alrededor de las zonas destinadas a los sectores antes citados, causando con ello el incremento de la contaminación ambiental.

Las políticas orientadas a la prevención y control de la contaminación atmosférica deben ser construidas con base en un contexto que ubique el problema atmosférico en sus distintos niveles de existencia: a) como producto de características geográficas y naturales, b) como parte de una problemática ambiental con la que interactúa, c) como efecto de los patrones de uso del suelo, y en sentido más amplio, de la estructura urbana, d) como consecuencia de una tecnología y formas organizativas en el plano de las actividades económicas, e) como resultado de juegos de fuerzas económicas, sociales y políticas, f) como fenómeno influido, en el plano macro, por un orden urbano y un orden social en el cual coinciden un sistema de valores y un orden económico y político que le asigna sus verdaderos contenidos a la sociedad en su conjunto (MIT, 2004).

La vulnerabilidad de la población a la contaminación atmosférica está estrechamente asociada a las condiciones naturales de la Cuenca de México, al desarrollo industrial mezclado con el desarrollo urbano y al estilo de vida adoptado. El deterioro ambiental está vinculado con el desequilibrio de sus ecosistemas y con el estado de salud y de bienestar de la población.

El tipo de riesgos y la intensidad de las afectaciones son diferentes de conformidad con la distribución urbana de la Ciudad de México y su expansión territorial en la zona metropolitana, de aquí que la calidad ambiental varíe por zonas de la metrópoli y para sus estratos socioeconómicos predominantes en cada una de ellas. Esta desigualdad socio-espacial determina la vulnerabilidad de cada estrato poblacional, y por ende sus posibilidades para reducir riesgos y mitigar afectaciones a su propia calidad de vida.



A partir de estos componentes se pueden distinguir diferentes tipos de riesgos: a) inherentes a las características naturales de la cuenca, b) asociados a los procesos de deterioro más críticos por la degradación de servicios ambientales, c) derivados de una ocupación territorial inadecuada, y d) ocasionados por desastres naturales o por contingencias ambientales.

Con el propósito de lograr una mejora continua de la calidad del aire y enfrentar algunos retos fundamentales en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), es necesario que todas las acciones que se realicen formen parte de un esquema de gestión, buscando lograr la integración de las políticas de transporte, energía, salud y desarrollo urbano con las de medio ambiente para lograr la reducción de las emisiones. En el proceso, es básico contar con un sólido sistema de monitoreo de la calidad del aire y un inventario de emisiones actualizado que proporcionen los datos de los niveles de la contaminación local y las fuentes que la ocasionan, que permitan investigar y evaluar los grados de exposición a la contaminación y los efectos en la salud de la población.

De igual forma, es necesario cuantificar estos efectos en términos monetarios y hacer que la sociedad reconozca los costos de la contaminación del aire y de las acciones necesarias para sanearlo, en particular en lo referente a la modernización del transporte público, la renovación del parque vehicular particular, el mejoramiento de los combustibles y el cumplimiento efectivo de la normatividad en la industria y el transporte, entre otros.

Es relevante mencionar que en la Ciudad de México y su área conurbada se ha logrado instrumentar un proceso completo de gestión de la calidad del aire, que se esquematiza en la Figura 1.1. Este modelo de gestión de la calidad del aire se ha desarrollado a lo largo de los últimos 20 años y se ha inspirado básicamente en el modelo de gestión de la calidad del aire de los Estados Unidos de América (Ver NRC, 2004).

Este modelo de gestión de la calidad del aire inicia con el establecimiento de objetivos, siendo el principal el cumplimiento de las normas de calidad del aire para protección de la salud de la población, para lo cual se fijan metas en la reducción de las emisiones y en consecuencia de mejoras en la calidad del aire; las metas pueden ser alcanzadas en varias etapas.

El segundo paso consiste en establecer políticas y programas para lograr dichos objetivos, en la figura se indican las políticas aplicadas en los años más recientes y su definición metropolitana a través del ProAire 2002-2010.

La tercera etapa se refiere a la instrumentación de las políticas y programas, para lo cual se establece una normatividad más estricta, los programas de inspección y vigilancia, el empleo de

instrumentos económicos y programas específicos en cada sector que produce contaminantes del aire, entre otros.



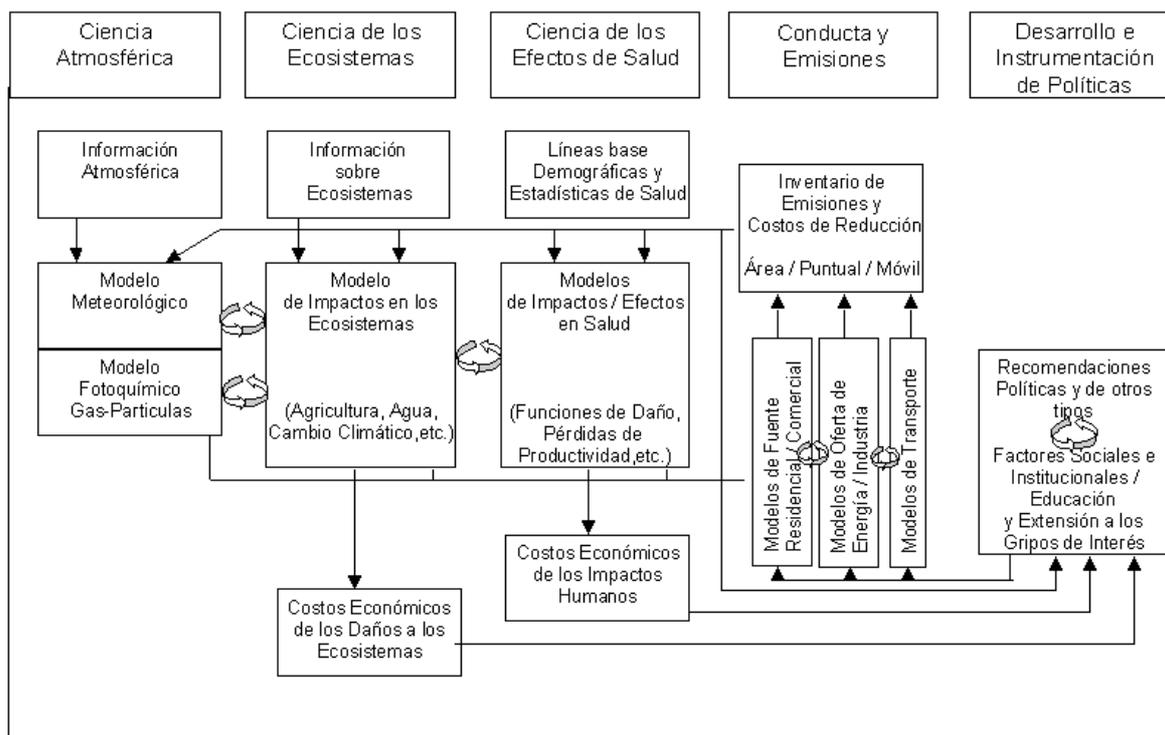
**Figura 1.1 Proceso de gestión de la calidad del aire de la ZMVM**

La cuarta fase del proceso es la de la evaluación de los resultados, en donde se analizan las tendencias de la calidad del aire, de las emisiones y de los efectos en la salud en la población, para conocer si se han logrado los objetivos planteados o si es necesario hacer adecuaciones en las políticas y programas para obtener mayores beneficios en el mejoramiento de la calidad del aire.

En todo el proceso se requiere contar con herramientas de seguimiento y evaluación constituidas por el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire, el Inventario de Emisiones y modelos de simulación de formación de ozono y partículas, también es importante contar con información sobre la salud de la población y registrar los beneficios que trae consigo el abatimiento del ozono y las partículas. Adicionalmente, el desarrollo de estudios científicos específicos de química atmosférica y de efectos en la salud viene a dar la fortaleza necesaria a los programas de prevención y control de las emisiones, para lograr los resultados esperados.



Para realizar la evaluación de las acciones implementadas, en la medida de lo posible se ha utilizado la metodología integral propuesta por el Dr. Mario Molina y su grupo de investigadores (Figura 1.2), la cual sugiere tomar en cuenta las tendencias futuras del crecimiento de la población y económico, de las alteraciones en los sistemas de transporte y uso del suelo de la mancha urbana, del cambio de la flota de vehículos y combustibles, y de cualquier otro factor que influya en la generación de emisiones.



Fuente: MIT, 2000.

**Figura 1.2 Estructura de una metodología de evaluación integral para la ZMVM, incorporando las interacciones y retroalimentación de los grupos de interés**

Este documento se integra por quince capítulos; el primero de ellos corresponde a la introducción del mismo, el segundo describe los aspectos generales de la Zona Metropolitana del Valle de México, resaltando las características fisiográficas, climáticas, socioeconómicas y el desarrollo urbano que se ha dado en el área.

El capítulo tres hace referencia al estado y tendencias de los contaminantes atmosféricos en la ZMVM durante el período de 1990 al 2005, y el cuarto describe la legislación incluyendo las normas y reglamentos vigentes en materia de prevención y control de la contaminación del aire, menciona las normas que se han emitido en la presente administración por parte de la SMA y las modificaciones hechas a las normas federales por la SEMARNAT.

El capítulo cinco muestra las metas, objetivos y medidas adoptadas en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 2002-2010 y el avance de las acciones a la fecha. En el capítulo seis, se presenta la configuración actual del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) y los medios utilizados para informar oportunamente los niveles de contaminantes que se alcanzan durante los 365 días del año, empleando el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).

El capítulo siete describe la importancia que tiene el inventario de emisiones en el proceso de gestión de la calidad del aire, las mejoras que se han llevado a cabo en sus actualizaciones, se reportan las emisiones por tipo de fuente y contaminante, la distribución espacial y temporal de las mismas, así como la evolución de las emisiones de 1994 a 2004. También en este capítulo, se señalan los resultados que arrojó el primer inventario de contaminantes tóxicos de la ZMVM y explica los trabajos realizados referente a la modelación de emisiones.

Los capítulos ocho y nueve describen lo relacionado con los programas de control de las fuentes estacionarias y móviles. En el primero de ellos se resalta la situación de las industrias ubicadas en el Distrito Federal, la reducción de emisiones que se ha tenido en este sector y el comportamiento de la distribución y consumo de solventes. En el segundo se mencionan los avances de la verificación vehicular, la situación del programa de sustitución de los convertidores catalíticos, el programa Hoy No Circula, la autorregulación de flotillas a diesel y el programa de combustibles alternos.

En el capítulo diez se aborda el tema del transporte utilizado en la ZMVM, mencionando las estrategias y acciones que se han aplicado para mejorar la calidad del aire, las pruebas tecnológicas de autobuses para mejorar su desempeño ambiental y los proyectos vinculados al transporte.

El capítulo once menciona la integración de las políticas ambientales, la formación y función de la Comisión Ambiental Metropolitana y se da una cronología del programa de contingencias ambientales atmosféricas. El capítulo doce describe los instrumentos de gestión aplicados a las fuentes emisoras, como lo son la licencia ambiental única, el registro de emisiones y transferencia de contaminantes, la autorregulación y los instrumentos económicos, y en el capítulo trece se tratan las acciones permanentes que se desarrollan y contribuyen a mejorar la calidad del aire a través de la vigilancia ambiental.

En el capítulo catorce se proporcionan las herramientas de difusión, comunicación de programas, proyectos y acciones que realiza la Secretaría, y finalmente, en el capítulo quince se hace un resumen de las conclusiones y de los avances realizados en materia de calidad del aire, y una



serie de recomendaciones de acciones y programas para continuar con el mejoramiento de la calidad del aire del Distrito Federal y su zona conurbada.

## II. EL AIRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO

### 2.1. La cuenca del Valle de México

La fisiografía de la cuenca del Valle de México está ligada a la dinámica del Eje Neovolcánico Transversal que es, desde el punto de vista geológico y ecorregional, la frontera que divide a Norteamérica de Centroamérica y por lo tanto al país en dos. La cuenca se ubica justamente en el corazón del Eje, lo cual le da a la región condiciones naturales muy particulares: su altitud, riqueza biológica, condiciones atmosféricas y dinámica hidrológica.

La cuenca del Valle de México también se puede considerar como una unidad atmosférica. Situada a una altura de 2,240 metros sobre el nivel del mar en promedio, se encuentra rodeada por una cadena montañosa integrada por las formaciones de la Sierra de Monte Bajo, Sierra de las Cruces, Sierra del Chichinautzin, Sierra Nevada, Sierra del Río Frío (Figura 2.1.1); la cadena montañosa alcanza su nivel más alto hacia al oriente con más de 5,000 msnm, mientras que en el norte la altura máxima es de 3,000 msnm. Debido a la altitud, el contenido de oxígeno del aire de la ZMVM es aproximadamente 23% menor que al nivel del mar, lo que contribuye a que los procesos de combustión sean menos eficientes y emitan una mayor cantidad de contaminantes.

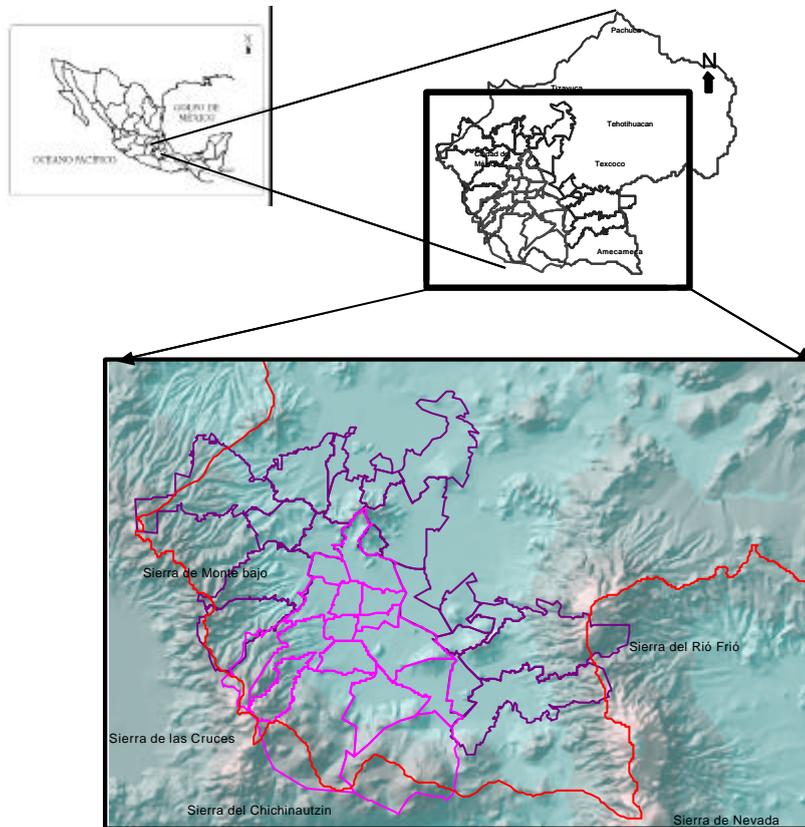
Entre los principales factores fisiográficos y climáticos que afectan la calidad del aire de la cuenca destacan los siguientes:

- ?? El entorno montañoso que la rodea, ya que constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes. Por lo cual se considera una región propicia para la acumulación de los contaminantes atmosféricos.
- ?? Por su altitud, frecuentemente ocurren inversiones térmicas en el Valle en un importante porcentaje de los días del año. Éste es un fenómeno natural que causa un estancamiento temporal de las masas de aire en la atmósfera. Ello inhibe la capacidad de autodepuración de ésta y favorece la acumulación de los contaminantes. El estancamiento perdura hasta que, al transcurrir el día y de manera gradual, la inversión térmica se rompe debido al calentamiento de la atmósfera, entonces los contaminantes se dispersan.
- ?? Por su posición continental entre dos océanos, son frecuentes los sistemas anticiclónicos que se registran continuamente en la región centro del país, los cuales tienen la capacidad de generar grandes masas de aire inmóvil en áreas que pueden abarcar regiones mucho mayores que el Valle de México.



?? Debido a su latitud tropical, la intensa radiación solar que se registra en el Valle de México a lo largo de todo el año favorece la formación del ozono. Ello es resultado de las complejas reacciones que la luz ultravioleta del sol desencadena entre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos emitidos a la atmósfera, los cuales son precursores del ozono y junto con los óxidos de azufre precursores de partículas finas.

Además, dentro del Valle de México existen tres cuerpos de agua importantes: el Lago de Zumpango, ubicado al norte del territorio dentro del municipio del mismo nombre, la Presa de Guadalupe, ubicada al noroeste dentro del municipio de Cuautitlán Izcalli y el Lago Nabor Carrillo en el municipio de Atenco que modifican la micrometeorología en variables como el albedo<sup>1</sup>, la temperatura y la dirección de los viento locales.



Fuente: Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias

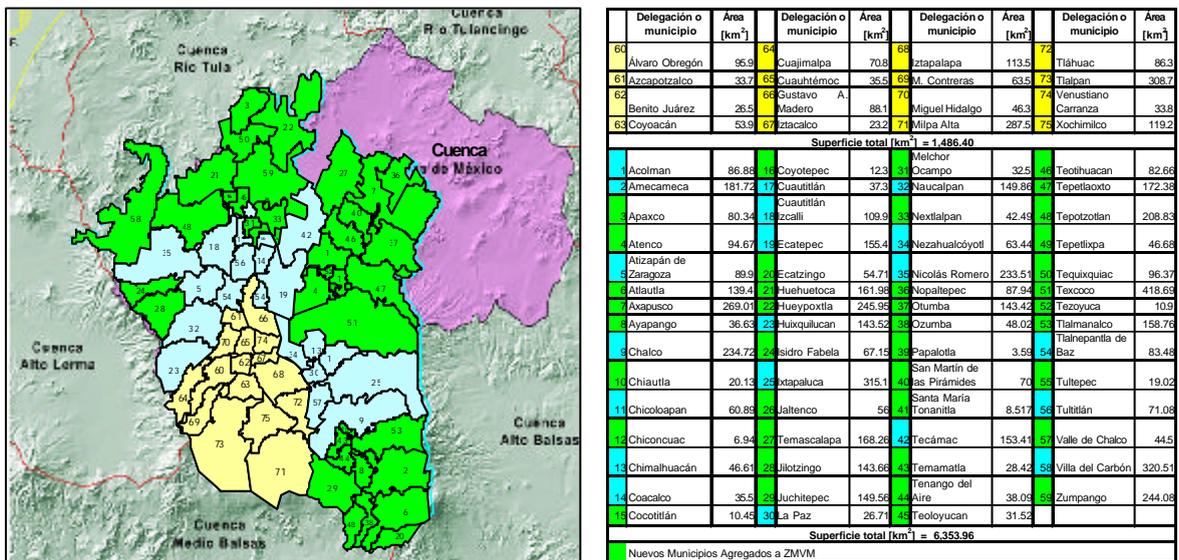
**Figura 2.1.1 Cuenca del Valle de México**

<sup>1</sup> Razón entre la energía luminosa que difunde por reflexión una superficie y la energía incidente.

## 2.2. Características de la Zona Metropolitana del Valle de México

La nueva Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) decretada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de diciembre del 2005, se encuentra ubicada dentro de la Cuenca de México, y es una conurbación integrada por las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México que en total tiene una superficie aproximada de 7,800 km<sup>2</sup>, como se muestra en la Figura 2.2.1.

Debido a la falta de estadísticas que integren la nueva delimitación de la ZMVM, en este documento se presentan los datos de la anterior delimitación con 16 delegaciones del Distrito Federal y 18 municipios del Estado de México.



Fuente: Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias

Figura 2.2.1 Área de estudio

### 2.2.1 Características climáticas

Las características climáticas de la ZMVM se consideran como uno de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes generados por procesos antropogénicos.

De acuerdo con los datos climatológicos, en la zona se presentan cuatro subtipos de clima: seco, templado húmedo, subhúmedo y templado, como resultado de las diferencias de elevación (altitud) y relieve del terreno. Estos subclimas influyen significativamente en las condiciones meteorológicas



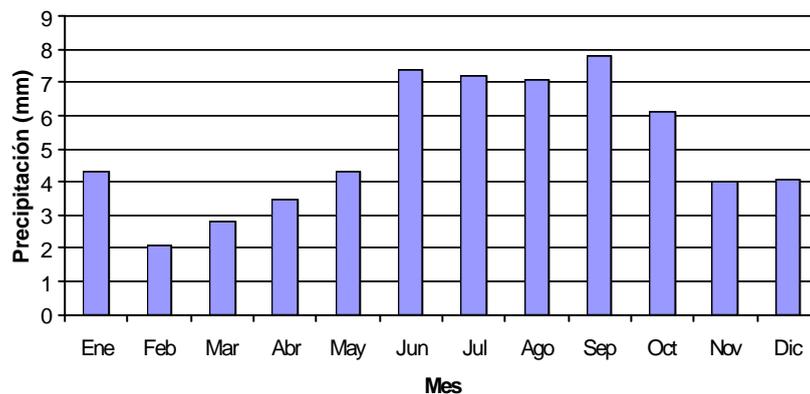
de áreas específicas; por ejemplo, la temperatura media anual del año 2002, varió entre 16 y 17°C, con un valor máximo de 33.6°C en mayo y un valor mínimo de -2.6°C en noviembre, este parámetro suele ser extremo todo el tiempo en el oriente de la ZMVM y gradualmente decrece hacia la parte poniente de la misma<sup>2</sup>.

Las condiciones climáticas de la ZMVM, permiten reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación de secas que se caracteriza por presentar contenidos de humedad baja; sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15°C que se presentan en esta última estación permiten dividirla en dos: Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero<sup>3</sup>. Por otro lado, la temporada de lluvias, de humedad relativa alta, se presenta desde mediados de mayo, volviéndose más evidente entre junio y octubre, descendiendo con ello los niveles de algunos contaminantes, principalmente por el efecto de lavado troposférico que provocan las precipitaciones. Especialmente, los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente (noreste principalmente).

## Precipitación pluvial y humedad relativa

El aumento de las lluvias en la ZMVM en los meses de mayo a octubre, se asocia a la entrada de aire tropical con alto contenido de humedad procedente del Océano Pacífico, Mar Caribe y Golfo de México. La precipitación pluvial mitiga la resuspensión de partículas de suelos erosionados.

Los sistemas meteorológicos principales que impactan a la región central del país en la temporada de verano son las Ondas Tropicales, conocidas anteriormente como Ondas del Este. En segundo lugar se ubican los Ciclones Tropicales, de los cuales destacan las Tormentas Tropicales y los Huracanes. En la Gráfica 2.2.1 se muestran los promedios mensuales de la precipitación que se registró en la Zona Metropolitana del Valle de México en el periodo 1990-2004.

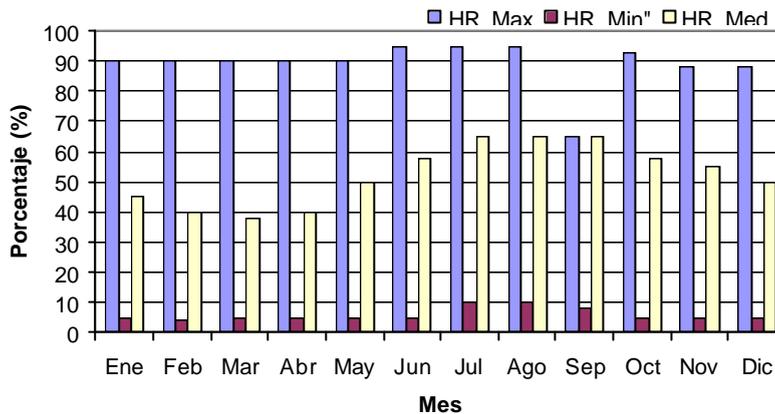


**Gráfica 2.2.1 Precipitación promedio mensual. Período 1990 - 2004**

<sup>2</sup> <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/dfd.html> 1997.

<sup>3</sup> <http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/dfd.html>, 1998.

La etapa de mayor humedad se enmarca dentro de la temporada de lluvias; los promedios mensuales de humedad relativa muestran una diferencia aproximada de 41% entre el mes más húmedo (septiembre) y el mes más seco (marzo), lo cual pone de manifiesto la naturaleza de las masas de aire que afectan a la región centro del país y al Valle de México, de tipo marítimo tropical con alto contenido de humedad en la época de verano y de tipo continental en la época de invierno y primavera. La Gráfica 2.2.2 muestra el comportamiento mensual de la humedad relativa entre 1990 y 2004.

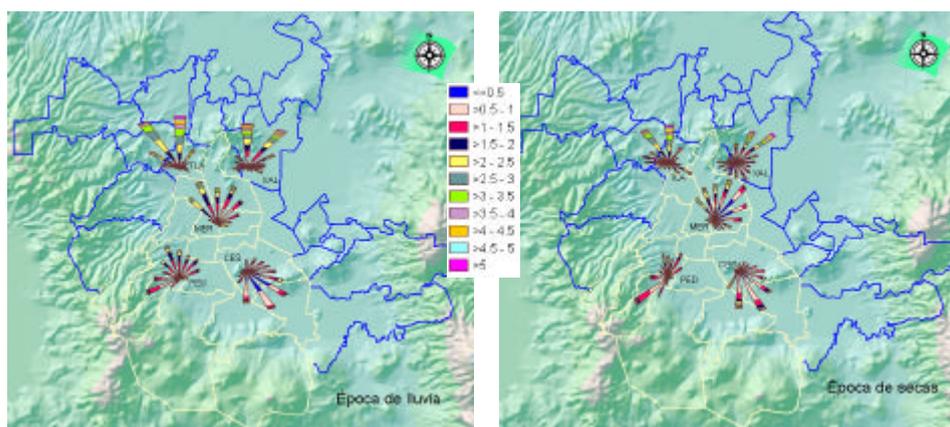


**Gráfica 2.2.2 Humedad relativa máxima, mínima y media. Período 1990 – 2004**

## Viento

La entrada principal del viento troposférico al Valle de México se ubica en la zona norte donde el terreno es llano a excepción de la pequeña Sierra de Guadalupe. Las masas de viento de los sistemas meteorológicos interactúan con la orografía del Valle para producir flujos, confluencias, convergencias y remolinos que provocan el arrastre, la remoción o la acumulación de los contaminantes del aire.

En la Figura 2.2.2 se presentan las Rosas de Viento de cinco estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico para el año 2004 (Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Cerro de la Estrella y Pedregal). En ellas se puede observar que la dirección preponderante del viento tiene una componente principal del Norte y que sólo en la estación Cerro de la Estrella los vientos dominantes presentan una fuerte componente del sur, debido a la cercanía de las cadenas montañosas.

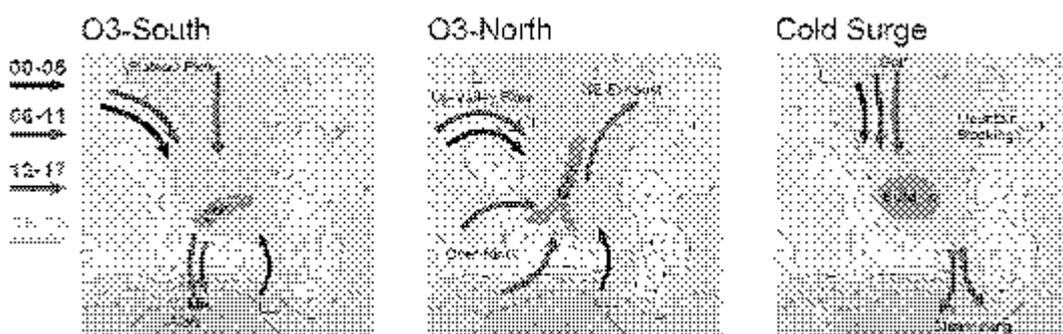


Fuente: Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias

**Figura 2.2.2 Rosas de viento promedio anual por temporada, 2004**

Uno de los resultados de la campaña MCMA 2003, desarrollada por el Dr. Mario Molina, identificó 3 patrones de circulación del viento (véase Figura 2.2.3):

- ?? O<sub>3</sub>-South: Ocurrencia de altos niveles de ozono en el sur de la ZMVM. Fenómeno de transporte dominante hacia el sur.
- ?? O<sub>3</sub>-North: Ocurrencia de altos niveles de ozono en el norte de la ZMVM. El flujo de salida dominante se dirige al Noreste de la cuenca y se presentan vientos que provienen del sur.
- ?? Cold Surge: Días asociados con fenómenos como “El Norte”, caracterizados por frentes fríos provenientes del Golfo de México y lluvia por las tardes. Se forma un canal de flujo en el pasaje de Chalco con vientos dominantes del norte.



(Las flechas indican los horarios de circulación del viento. Fuente: Foy B. et al, 2006)

**Figura 2.2.3 Patrones de flujo de viento en la ZMVM**

La ventilación de la ZMVM es muy rápida especialmente para 2 de los 3 episodios estudiados: O<sub>3</sub>-North y Cold Surge. Se encontró que el tiempo de residencia para el 50% de las partículas es menor a 7 horas y que el tiempo de transporte a escala regional para el 50% de las partículas es de 2 a 2.5 días. Sin embargo, para el episodio O<sub>3</sub>-South, se observaron grandes cantidades de

recirculación y tiempos de residencia más largos por la mezcla vigorosa del viento para llevar hacia el sur los contaminantes (Foy B. et al, 2006)<sup>4</sup>.

### Campo de viento

En la Figura 2.2.4 se muestran los campos de viento promedio para las épocas seca y de lluvia; se observa que durante la temporada húmeda (verano), el flujo tiene una intensa componente del norte en todo el valle.

Por otro lado, la temporada seca presenta una característica importante: un vórtice (remolino) se forma muy cerca del centro del Distrito Federal, lo cual se debe al efecto conocido como “Isla de Calor”, situación meteorológica generada por el aumento de la temperatura del suelo de tipo urbano, con materiales de construcción de cemento y asfalto, en contraste con las áreas forestales que la circundan.

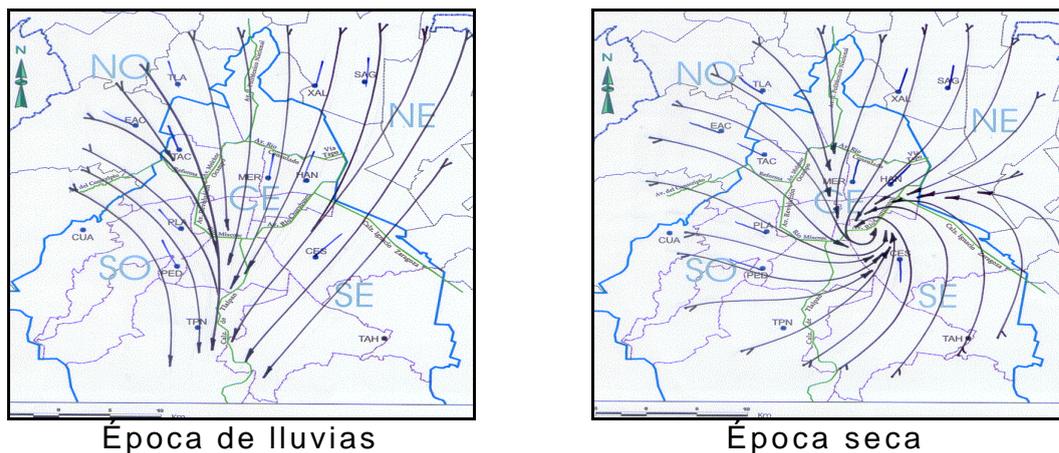
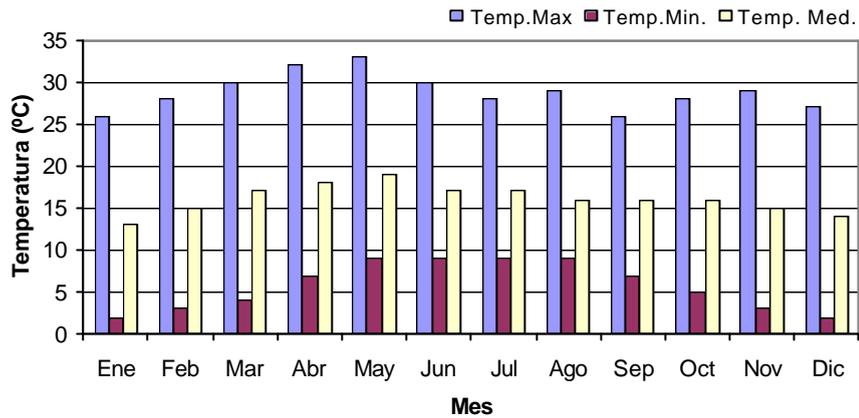


Figura 2.2.4 Campos de viento promedio por época

### Temperatura e inversiones térmicas

La temperatura máxima, mínima y promedio, presentan un patrón estacional. Los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente. En consecuencia, los valores moderados se presentan en la época de lluvias, cuando la cobertura nubosa es significativa y por ello es menor la insolación. La Gráfica 2.2.3 muestra el promedio de la temperatura máxima, media y mínima.

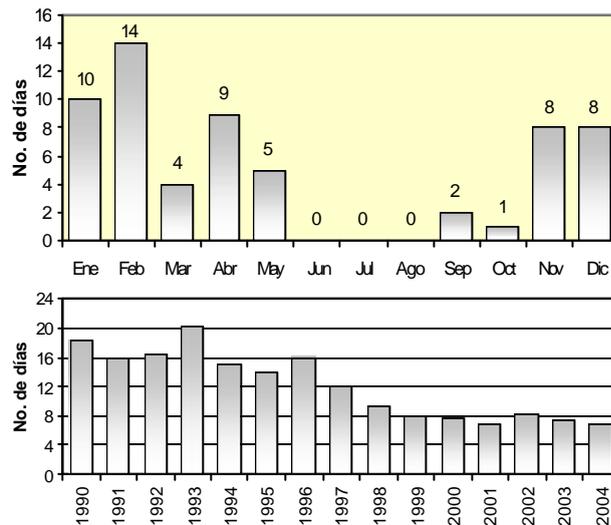
<sup>4</sup> Foy B., J. R. Varela, L.T. Molina y M. J. Molina. Rapid ventilation of the Mexico City basin and regional fate of the urban plume. Atmos. Chem. Phys., 6,2321-2335, 2006.



**Gráfica 2.2.3 Temperatura máxima, mínima y promedio mensual. Período 1990 – 2004**

Las inversiones térmicas son un fenómeno natural que consiste en que una capa de aire caliente se coloca por encima de una capa de aire frío. Varias causas provocan este efecto, pero la más común es la pérdida de calor del suelo durante la noche. En una inversión térmica los contaminantes que se encuentran en la capa fría están impedidos de dispersarse verticalmente debido a la presencia de la capa superior más caliente. Esta condición prevalece hasta que el calor del sol calienta la capa fría e iguala la temperatura con la capa caliente, entonces se crea una turbulencia que favorece la dispersión de los contaminantes.

Las inversiones térmicas en el Valle de México se presentan con mayor frecuencia en los meses de noviembre a abril, como se muestra en la Gráfica 2.2.4, aunque en términos absolutos, su número total es menor año con año.

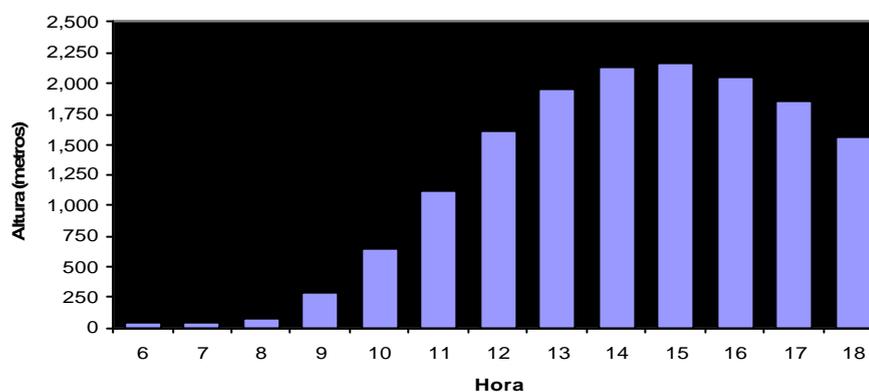


**Gráfica 2.2.4 Frecuencia promedio mensual por año de inversiones térmicas en superficie, período: 1986 – 2004 y su comportamiento mensual para 2004**

## Altura de la capa de mezclado

La Capa de Mezclado se define como la altura máxima atmosférica que se alcanza diariamente debido a la turbulencia, donde se lleva a cabo el proceso de mezclado de los contaminantes emitidos. En la Gráfica 2.2.5 se describe el comportamiento de la altura promedio anual durante 2004 de la capa de mezclado. Su ascenso comienza a las 9:00 de la mañana, alcanzando su máximo a las 15:00 horas y conforme pasa el tiempo, la capa de mezcla decrece en las horas de la madrugada siendo mínima entre las seis y ocho de la mañana.

Una Capa de Mezclado alta no es necesariamente un buen indicador para la dispersión de los contaminantes, dado que implica una alta temperatura e intensa radiación solar, lo que a su vez favorece la reacción fotoquímica de los precursores de ozono.



Gráfica 2.2.5 Capa de mezclado promedio anual horario, 2004

## 2.2.2 Uso del suelo de la ZMVM

De los 3,565 km<sup>2</sup> de superficie que comprende la ZMVM, el 41% es de uso agrícola, el 34% es de uso urbano y el 24% es de uso forestal.

Tabla 2.2.1 Uso del suelo en la ZMVM

| Uso de suelo | Distrito Federal   |           | Estado de México*  |           | ZMVM               |            |
|--------------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|------------|
|              | [km <sup>2</sup> ] | %         | [km <sup>2</sup> ] | %         | [km <sup>2</sup> ] | %          |
| Agrícola     | 446                | 13        | 1,008              | 28        | 1,454              | 41         |
| Forestal     | 392                | 11        | 459                | 13        | 851                | 24         |
| Urbano       | 638                | 18        | 565                | 16        | 1,203              | 34         |
| Otros        | 7                  | N/S       | 50                 | 1         | 57                 | 1          |
| <b>Total</b> | <b>1,483</b>       | <b>42</b> | <b>2,082</b>       | <b>58</b> | <b>3,565</b>       | <b>100</b> |

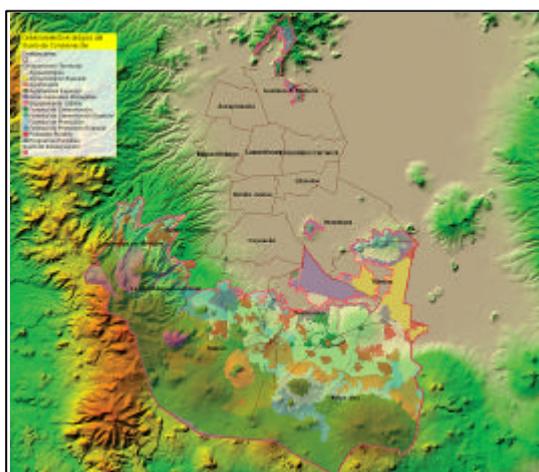
Fuente: Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal 2000, INEGI, 2001.

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

\* Sólo incluye los 18 municipios conurbados.



En la última década, las viviendas y los establecimientos industriales y de servicio han venido ocupando mayores superficies, de tal forma que actualmente los usos del suelo urbano se distribuyen de la siguiente manera: 51.8% es para uso de vivienda, 21% corresponde a uso mixto, 10% a recreación y espacios abiertos, 8.8% a equipamiento, 4.8% a industria y comercio, y el 3.4% a la vialidad primaria.



Fuente: Centro de Investigación en Geografía y Geomática, Ing. Jorge L. Tamayo" A.C. (CentroGeo).

**Figura 2.2.5 Uso del suelo**

## Suelo de Conservación

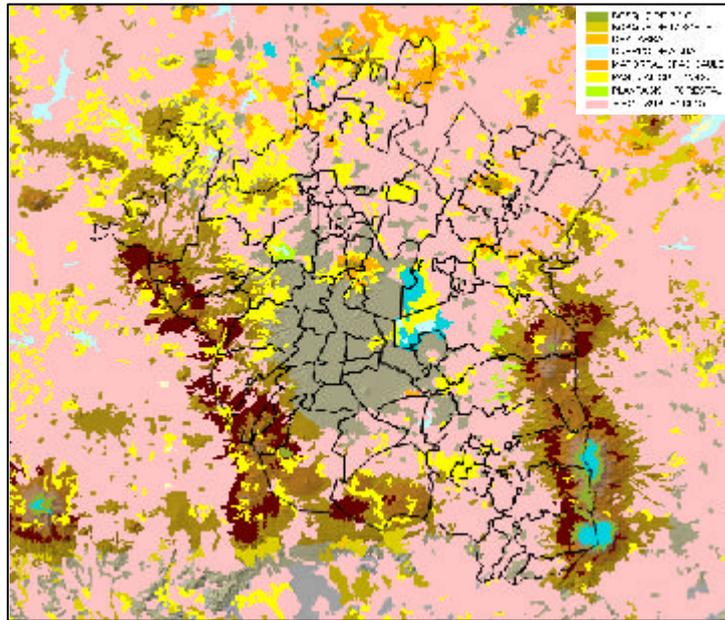
El vertiginoso proceso de urbanización ha respetado, hasta hoy, a más de la mitad (59%) del territorio del Distrito Federal. Ese espacio rural se define legalmente como Suelo de Conservación, su extensión alcanza 88,442 hectáreas y se localiza en ocho delegaciones del sur de la entidad y una pequeña porción en el norte, en la delegación Gustavo A. Madero. La única delegación que se localiza completamente en el Suelo de Conservación es Milpa Alta que significa el 33% del total.

## Vegetación

En el Distrito Federal se han identificado por lo menos 1,500 especies de plantas vasculares aproximadamente, actualmente se presentan 7 tipos de vegetación que responden a los climas templado frío y semiárido, estos tipos de vegetación forman parte principalmente de las zonas de conservación y son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, asociaciones de matorral, asociaciones de pastizal, agrupaciones halófilas y vegetación acuática. Mientras que en la zona urbana se destaca la vegetación arvense y de ruderal<sup>5</sup>; dentro de la vegetación arvense<sup>6</sup> se

<sup>5</sup> Son las plantas o comunidades vegetales silvestres, características de los alrededores de las habitaciones humanas, orillas de caminos, vías de ferrocarril, basureros, lugares sin cultivar y hábitat similares.

encuentran zonas donde se plantaron eucaliptos, que es una de las especies que generan más cantidad de compuestos orgánicos volátiles que contribuyen a la formación de ozono.



Fuente: Mapa de vegetación y uso de suelo 2000, INEGI-UNAM.

Figura 2.2.6 Vegetación de la ZMVM

### 2.2.3 Características socioeconómicas

#### Población

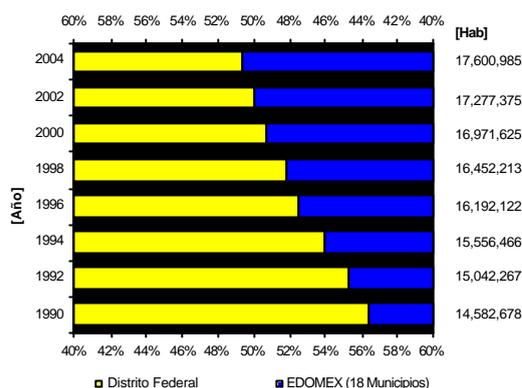
A partir de la información censal del Censo de Población y Vivienda 1995 y del XII Censo de Población y Vivienda 2000, se estimó que en la Zona Metropolitana del Valle de México residían más de 17.6 millones de habitantes en el año 2004; en conjunto, la población de la ZMVM representa cerca del 17% del total nacional<sup>78</sup>

Dentro de la ZMVM, los municipios conurbados del Estado de México mantuvieron en el periodo 1995-2000 un ritmo de crecimiento superior al del Distrito Federal e inclusive al del promedio nacional; su tasa de crecimiento promedio anual fue de 2.2%, mientras que en el Distrito Federal fue de 0.4%.

<sup>6</sup> Vegetación que sustituyó a las zonas de cultivo dentro del Valle. <sup>6</sup> Vegetación que sustituyó a las zonas de cultivo dentro del Valle.

<sup>7</sup> XII Censo General de Población y Vivienda/ INEGI, [www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=7003](http://www.inegi.gob.mx/est/default.asp?c=7003).

<sup>8</sup> Escenarios Demográficos y Urbanos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, 1990-2010/ Consejo Nacional de Población y Vivienda /1998.



**Gráfica 2.2.6 Distribución de la población en la ZMVM**

## Vivienda

De acuerdo con las cifras censales, se estima que el número de viviendas en la ZMVM en el año 2004 fue de aproximadamente 4.4 millones. La mayor dinámica de crecimiento se presentó en los municipios conurbados del Estado de México con 2.8% anual, en tanto que el Distrito Federal registró 1.1%. En general, las condiciones promedio de las viviendas en la ZMVM son mejores que las del promedio nacional, situación que incluye tanto a la calidad de los materiales como al espacio habitable o la disponibilidad intradomiciliaria de energía eléctrica, agua potable y drenaje.

## Producción agrícola

La Zona Metropolitana del Valle de México cuenta con 1,454 km<sup>2</sup> de suelo destinado a la agricultura<sup>9</sup> (446 en el D.F. y 1,008 en el Estado de México) y generalmente se producen bienes de consumo familiar; no obstante, algunos cultivos representan una fuente significativa de ingresos, como es el caso de Milpa Alta, en donde el volumen de producción de nopal tiene asegurado un mercado amplio y suficiente. En el suelo agrícola se siembran principalmente cultivos de temporal (avena forrajera y maíz), así como cultivos permanentes, entre los que destaca el nopal y los frutales.

## Población ganadera y producción pecuaria

La producción de los diferentes productos pecuarios se caracteriza por su proclividad hacia la explotación extensiva, así como el predominio de los animales de traspato, destinados preferentemente al autoconsumo. Esta cualidad se observa especialmente en las delegaciones con mayor tradición agropecuaria como son Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, las cuales tuvieron una producción de aproximadamente 5,744 cabezas de ganado bovino en el año 2004<sup>10</sup>. Aunque la

<sup>9</sup> Inventario Nacional Forestal, 2000.

<sup>10</sup> SAGARPA-DF, 2002.

especie animal mayoritaria es el ave de corral, existe también la cría de cerdos, ovejas y borregos; debido a su capacidad de adaptación y desarrollo en espacios reducidos, la explotación de porcinos está presente en casi todas las áreas rurales de la ZMVM.

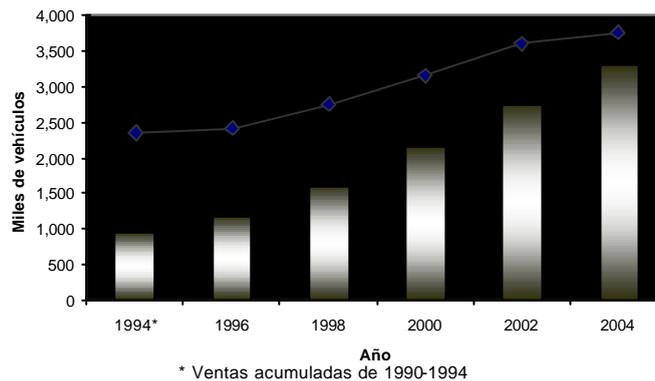
## Industria

La actividad industrial en el Distrito Federal ha disminuido respecto a años anteriores, favoreciendo al comercio y los servicios; no obstante, comparada con las demás entidades del país, mantiene su predominancia geográfica y económica. En cambio, los municipios conurbados registran un ritmo creciente de establecimientos industriales <sup>11</sup>.

El INEGI (Censos Económicos, 2004) reporta que en la ZMVM se ubican aproximadamente 46,616 establecimientos manufactureros, 21,889 en los municipios conurbados del Estado de México y 27,727 en el Distrito Federal. Alrededor del 90% de estos establecimientos son micro industrias, el 6% son pequeñas industrias, el 3% mediana y menos del 1% son industrias grandes. Las industrias medianas y grandes, que son potencialmente las más importantes en su nivel de emisión de contaminantes, en conjunto suman menos del 4% (1,985 industrias).

## Transporte

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



**Gráfica 2.2.7 Crecimiento de la flota vehicular en circulación y ventas acumuladas de autos en la ZMVM, 1994- 2004**

<sup>11</sup> <http://df.inegi.gob.mx/economia/espanol/municipal.html>.


**Tabla 2.2.2 Distribución de la flota vehicular circulante en la ZMVM, 2004**

| Tipo de Vehículo                         | Número de Vehículos |                  |                  | % ZMVM     |
|--|---------------------|------------------|------------------|------------|
|  | Distrito Federal    | Estado de México | ZMVM             |            |
| Autos Particulares <sup>1,2,3,9</sup>    | 1'924,281           | 1'043,612        | 2'967,893        | 79         |
| Taxis <sup>4,5</sup>                     | 106,642             | 11,992           | 118,634          | 3          |
| Combis <sup>4,5</sup>                    | 3,904               | 15,581           | 19,485           | 1          |
| Microbuses <sup>3,4,8</sup>              | 21,502              | 11,549           | 33,051           | 1          |
| Pick Up <sup>1,2,3</sup>                 | 43,288              | 84,993           | 128,281          | 3          |
| Vehículos = 3 Toneladas <sup>3,4,8</sup> | 145,500             | 45,908           | 191,408          | 5          |
| Tractocamiones <sup>3,7</sup>            | 63,638              | 19,396           | 83,034           | 2          |
| Autobuses <sup>3,4,6,7</sup>             | 28,582              | 3,983            | 32,565           | 1          |
| Vehículos > 3 Toneladas <sup>3,9</sup>   | 18,805              | 39,108           | 57,913           | 2          |
| Motocicletas <sup>4,5,10</sup>           | 117,435             | 10,019           | 127,454          | 3          |
| <b>Total</b>                             | <b>2'473,577</b>    | <b>1'286,141</b> | <b>3'759,718</b> | <b>100</b> |

<sup>1</sup> Consultas a la base de datos del PVVO del año 2002, DIP/DGGAA/SMA-GDF; <sup>2</sup> Consultas a la base de datos del PVVO del año 2003, DIP/DGGAA/SMA-GDF; <sup>3</sup> Consultas a la base de datos del PVVO del año 2004, DIP/DGGAA/SMA-GDF; <sup>4</sup> Anuario de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México 2002-2003, SETRAVI; <sup>5</sup> Dirección General de Transporte Terrestre, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Gobierno del Estado de México, 2001; <sup>6</sup> Red de Transporte de Pasajeros del Distrito Federal, 2005; <sup>7</sup> Estadística Básica del Autotransporte Federal 2004, SCT; <sup>8</sup> SMA/DGGAA/DIP/SPFM/JUD Políticas de Fuentes Móviles, 2005; <sup>9</sup> Presentación: "La experiencia del GNC en México, DGGAA, DIP, Enero de 2002; <sup>10</sup> Anuarios de Transporte y Vialidad de la Ciudad de México 1995-1996, 1997, 1998-1999, 2000, 2001 y 2002 2003, SETRAVI.

Los autos particulares, representan el 93% de las unidades destinadas al transporte de personas y sólo captan cerca del 20% de los viajes-persona-día que se realizan en la ZMVM; en contraste, las combis y microbuses representan menos del 2% y en ellos se realizan cerca del 60% de los viajes-persona-día (Tabla 2.2.3).

Por otra parte, es importante mencionar que uno de los sectores vehiculares de mayor contribución a las emisiones al aire es el autotransporte de carga, flota compuesta de tractocamiones, vehículos mayores y menores a 3 toneladas que en suma dan más de 330 mil unidades en circulación y su contribución a las emisiones de contaminantes en conjunto ascienden a más de 451 mil ton/año.

**Tabla 2.2.3 Vehículos destinados al transporte de pasajeros y viajes-persona/día**

| Tipo de Vehículo   | Vehículos para el transporte de personas |              | Porcentaje de viajes-persona-día * |
|--------------------|--|--------------|------------------------------------|
|                    | Número                                   | %            | %                                  |
| Autos particulares | 2,967,893                                | 93.2         | 19.9                               |
| Taxis              | 118,634                                  | 4.0          | 4.4                                |
| Combis             | 19,485                                   | 0.7          | 58.6                               |
| Microbuses         | 33,051                                   | 1.1          |                                    |
| Autobuses          | 32,565                                   | 1.1          | 1.9                                |
| <b>Total</b>       | <b>3,171,628</b>                         | <b>100.0</b> | <b>84.8 **</b>                     |

\* Los datos son del año 2004, \*\* El metro, tren ligero y trolebuses representan el 15.2% faltante.

## Servicios

En el sector servicios existen 252,009 unidades económicas en la ZMVM (hoteles, restaurantes, tintorerías, hospitales, tortillerías, panaderías, baños públicos, etc.) de los cuales el 61.2% se encuentra ubicado en el Distrito Federal, siendo la delegación Cuauhtémoc la que posee el mayor

número de éstos; los municipios conurbados del Estado de México (sobretudo Ecatepec y Nezahualcóyotl) son los que cuentan con un gran número de estos establecimientos y por ser demasiados y encontrarse dispersos sus emisiones generadas son de consideración.

#### **2.2.4 Consumo energético**

Entre los energéticos utilizados en la ZMVM se tienen al Gas Licuado del Petróleo (GLP) y al Gas Natural (GN); el GLP es una mezcla compuesta principalmente de propano y butano y típicamente el gas natural comercial está compuesto en un 95% o más de metano y el 5% restante de una mezcla de etano, propano y otros componentes más pesados. El uso del GLP se ha enfocado principalmente al sector residencial y recientemente ha mostrado un crecimiento importante en sectores tales como la industria y el transporte. El principal uso del GN es en la industria, pero también es demandado por el sector transporte, residencial y de servicios.

Dentro del sector transporte se comercializan dos tipos de gasolinas automotrices: PEMEX Magna y PEMEX Premium. Básicamente se componen de una mezcla de hidrocarburos conteniendo moléculas con cadenas de 5 a 9 carbonos, obtenidas de la destilación directa, de craqueo térmico y catalítico, de reformación catalítica, de alquilación, de isomerización y de refinados de la separación extractiva del benceno y tolueno. El mayor octanaje en las gasolinas PEMEX Magna y PEMEX Premium permite su combustión sin causar detonación en los motores de los automóviles, previniendo su desgaste prematuro, principalmente en los de alta compresión (SENER, 2005).

El PEMEX Diesel es un combustible derivado de la destilación atmosférica del petróleo crudo. Se obtiene de una mezcla compleja de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos. Su uso se orienta fundamentalmente al parque vehicular equipado con motores diseñados para consumirlo, tales como camiones de carga de servicio ligero y pesado, autobuses de servicio urbano y de transporte foráneo, locomotoras y embarcaciones, así como para diversos tipos de maquinaria.

El Diesel Industrial bajo en azufre se obtiene del fraccionamiento de los crudos en el corte correspondiente al gasóleo ligero, el cual se trata para reducir su contenido de azufre total a 0.05 por ciento en peso. Se utiliza principalmente en calderas, generadores de electricidad, generadores de vapor, en hornos y calentadores industriales.

El Gasóleo Industrial es un producto refinado del petróleo cuya densidad es mayor que la de las gasolinas y querosinas, generalmente comprende los hidrocarburos destilados entre 190 y 370° C. Esta mezcla de hidrocarburos se usa en pequeñas máquinas diesel y para hornos o calentadores, de donde toma sus nombres populares: diesel y aceite para hornos o Gasóleo Doméstico.



El consumo diario de combustibles en la ZMVM para el año 2004 se estimó en 306 mil barriles equivalentes de gasolina, es decir 48.6 millones de litros por día; la cifra estimada para 1990 fue de 37 millones de litros por día, dando un incremento en 14 años de cerca de 31%.

De 1990 al año 2004, el sector transporte es el que más energía consume, con una demanda promedio del 51%, seguido del sector industrial con un 34% (Tabla 2.2.4). Así, se tiene que en promedio, la ZMVM en este período ha consumido 536 peta joules al año.

**Tabla 2.2.4 Consumo energético histórico de la ZMVM, 1990-2004**

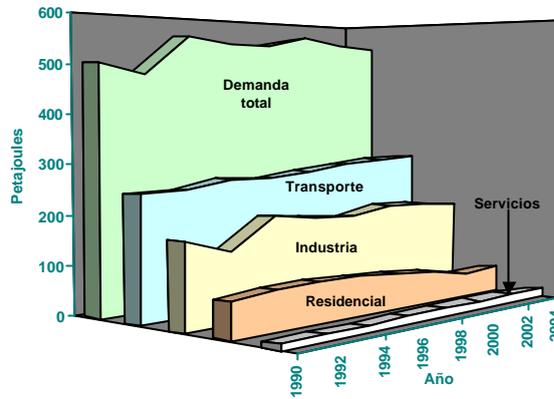
| Año             | Consumo total | [%]        |           |             |           |
|-----------------|---------------|------------|-----------|-------------|-----------|
|                 | [Peta joules] | Transporte | Industria | Residencial | Servicios |
| 1990            | 502           | 50         | 34        | 14          | 2         |
| 1991            | 492           | 50         | 33        | 14          | 2         |
| 1992            | 483           | 52         | 29        | 17          | 2         |
| 1993            | 529           | 51         | 33        | 15          | 2         |
| 1994            | 561           | 48         | 35        | 15          | 2         |
| 1995            | 545           | 49         | 34        | 16          | 2         |
| 1996            | 545           | 48         | 35        | 15          | 3         |
| 1997            | 531           | 51         | 32        | 14          | 2         |
| 1998            | 546           | 50         | 34        | 13          | 3         |
| 1999            | 550           | 49         | 36        | 13          | 3         |
| 2000            | 563           | 51         | 35        | 12          | 3         |
| 2001            | 555           | 51         | 35        | 11          | 3         |
| 2002            | 552           | 53         | 36        | 9           | 3         |
| 2003            | 547           | 52         | 36        | 10          | 3         |
| 2004            | 543           | 54         | 34        | 10          | 3         |
| <b>Promedio</b> | <b>536</b>    | <b>51</b>  | <b>34</b> | <b>13</b>   | <b>3</b>  |

Fuente: Elaborada con datos de PEMEX Refinación Gas y Petroquímica y SENER.

La Gráfica 2.2.8, muestra que el sector residencial ha disminuido su consumo energético desde el año de 1995, donde alcanzó su máxima demanda de 85 PJ, mientras que en el 2004 requirió sólo de 52 PJ. Este comportamiento se debe principalmente a la baja en el consumo de GLP, que puede atribuirse al crecimiento moderado de la economía nacional, a la mayor penetración del gas natural en este sector, a un mayor ahorro de energía por parte de los consumidores, derivado fundamentalmente de los incrementos progresivos en su precio<sup>12</sup>; también puede deberse a la presencia y uso masivo de electrodomésticos, al uso de calentadores eléctricos que sustituyeron a las boilers residenciales, a las nuevas tecnologías implementadas en estufas de encendido electrónico e incluso al uso de sistemas de almacenamiento de GLP como los tanques estacionarios, que permiten controlar con mayor eficacia las emisiones fugitivas.

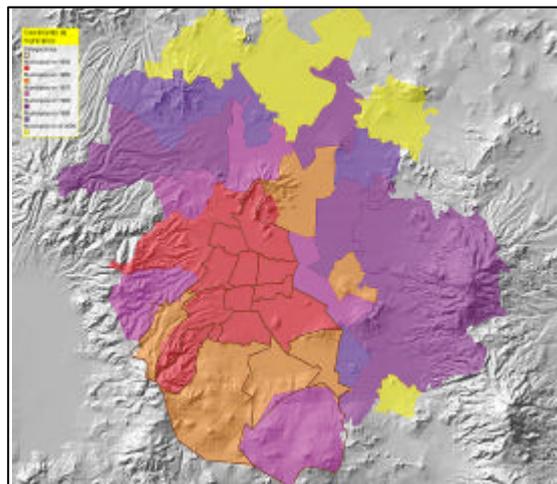
<sup>12</sup> Prospectivas del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013, Secretaría de Energía, 2004.

Gráfica 2.2.8 Consumo energético histórico de la ZMVM, 1990 – 2004



### 2.3 El desarrollo urbano y la zona metropolitana

A mediados del siglo XX, el crecimiento económico y demográfico de la ciudad de México empujó la expansión física, que llevó al desbordamiento de sus límites sobre los municipios periféricos del Estado de México, dando lugar al proceso de metropolización, caracterizado por la falta de planeación y regulación del desarrollo urbano. Los municipios conurbados, con alto crecimiento poblacional, se constituyeron como áreas de localización industrial, de habitación de capas medias y sobre todo de sectores populares, que han servido en gran medida como zonas-dormitorio. El crecimiento, de carácter centrífugo, continúa hasta ahora, integrando un número cada vez mayor de municipios y degradando sus reservas naturales y áreas rurales.



Fuente: Centro de Investigación en Geografía y Geomática, "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C. (CentroGeo)

Figura 2.3.1 Crecimiento de la ZMVM del año 1950 al 2000



Desde la década de los 80, en medio de la crisis económica de larga duración y del ajuste estructural neoliberal, la configuración territorial de la ZMVM está sometida a un proceso acelerado de cambio, caracterizado por un patrón de crecimiento y estructuración urbana regido por la iniciativa privada, el libre mercado, la desregulación y el debilitamiento de la política estatal. Estos factores acentúan los vectores del proceso de megalopolización en la región centro, que constituye un nivel cuantitativo y cualitativamente distinto de la concentración urbana.

Para frenar esta problemática se requerirá de un estricto control del crecimiento urbano sobre el suelo de conservación en las delegaciones periféricas y en los pueblos rurales, lo que supone revertir las causas estructurales que han provocado la expulsión de la población del centro de la ciudad; entre otras las que se refieren al cambio en el uso del suelo, que pasó de habitacional a servicios. Así mismo, es necesario crear condiciones para su repoblamiento, con una planificación urbana integral que evite futuros problemas socioambientales, a través de la densificación del uso del suelo, con construcciones de altura y el aumento de los índices de ocupación habitacional. En conjunto con el Estado de México, habrá que evitar que la población de bajos recursos siga siendo expulsada hacia los municipios conurbados, en donde también se ejerce presión sobre otras áreas naturales y requiere de nueva infraestructura urbana y generar una política urbana para toda el área metropolitana.

El crecimiento demográfico previsto para el Distrito Federal hasta el 2025 demandaría la construcción de alrededor de 7,600 viviendas nuevas, anualmente. Para satisfacer esta demanda se requerirían alrededor de 16,000 ha de terreno, considerando que la densidad poblacional se duplique es decir, pase de 120 a 300 hab/ha. Esta demanda constituye un verdadero reto para cualquier gobierno, sobre todo si se quiere evitar que el suelo de conservación siga perdiéndose. En el período 2001-2006, el GDF habrá construido cerca de 60 mil viviendas nuevas y llevado a cabo anualmente 15 mil acciones de mejoramiento y ampliación de casas-habitación.

### III. ESTADO Y TENDENCIAS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN LA ZMVM, 1990 – 2005

#### 3.1 Obtención de indicadores de estado y tendencia de los contaminantes atmosféricos

La operación permanente del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) permite obtener mediciones de contaminantes atmosféricos criterio<sup>1</sup> cada hora y muestreos de partículas suspendidas de 24 horas cada seis días. La presencia de fallas en la operación de los equipos de monitoreo o el mantenimiento de las estaciones de monitoreo ocasiona la pérdida de información y con esto la discontinuidad de las bases de datos.

Ante estas situaciones y en la necesidad de obtener indicadores de la calidad del aire que sean estadísticamente representativos, el SIMAT definió los criterios de desempeño anual y desempeño histórico como medidas del funcionamiento de las estaciones de monitoreo. El primero de estos criterios califica a cada estación en función de los datos que genera y se califica como desempeño “*bueno*” cuando presenta el 75% o más de los datos esperados en el año, “*regular*” cuando presenta más del 50% sin llegar al 75% y “*malo*” cuando presenta 50% o menos de los datos.

El criterio histórico califica el desempeño de las estaciones de monitoreo en el tiempo que tienen funcionando, de esta forma se dice que una estación tiene un “mejor desempeño histórico” cuando en el 75% o más de los años en que ha operado el desempeño anual es bueno. Se dice entonces que las estaciones de monitoreo cumplen con el criterio 75 – 75, cuando han registrado más del 75% de los datos esperados en un año, durante el 75% del período de tiempo que tiene funcionando.

Cuando una estación de monitoreo es de reciente instalación, en el SIMAT se considera que ésta debe operar adecuadamente durante un lapso de 4 años, lo que garantiza que su desempeño ha sido el adecuado y que probablemente se mantendrá así en el futuro. Se considera a este lapso de tiempo como garantía de su desempeño histórico y la información que genera es suficiente y representativa para la obtención de indicadores. Con este criterio se evita la influencia o sesgos que provocan los registros de nuevas estaciones de monitoreo que pueden instalarse en sitios denominados “hot spot” de contaminación atmosférica, los cuales son una buena referencia para vigilar la calidad del aire vía los índices de contaminación, pero que pueden incidir en los análisis de tendencia o estado de la calidad del aire.

---

<sup>1</sup> Término que emplea la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés) para describir a los contaminantes atmosféricos con límites máximos permisibles, en forma de normas o estándares, establecidos con base en criterios científicos para cuidar el bienestar y la salud humana. Los contaminantes criterio son: ozono, dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, plomo y partículas.

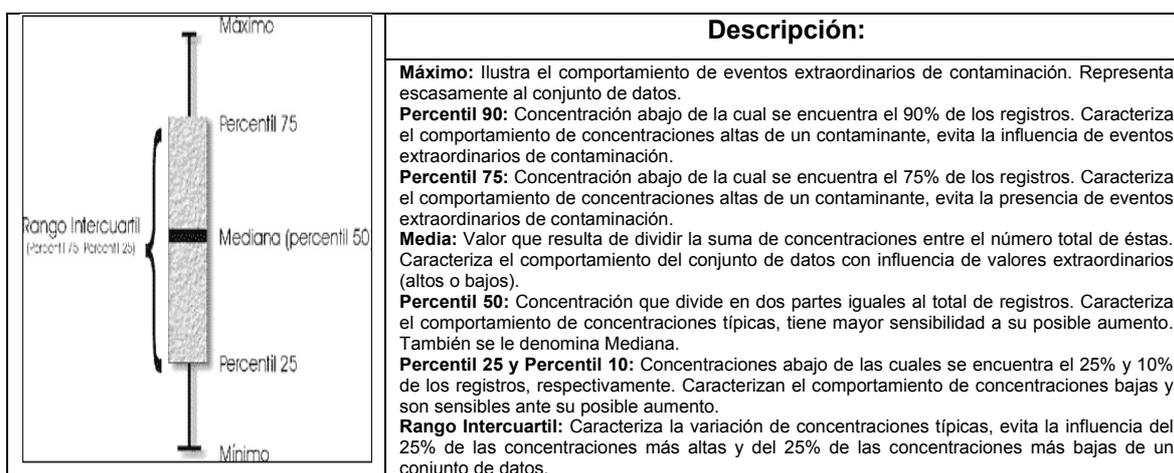


### 3.2 Análisis de tendencia de los contaminantes atmosféricos

El análisis de la tendencia de los contaminantes atmosféricos por medio de indicadores obtenidos de conformidad con los criterios señalados, garantiza que la información sea consistente, confiable y representativa del fenómeno que caracteriza. Los indicadores se consideran como una representación numérica que sintetiza la información de un período de tiempo. En el SIMAT se emplean como indicadores de dispersión de los datos a los percentiles obtenidos en cada estación de monitoreo durante un año. Cada percentil permite evaluar una característica particular del conjunto de datos, en la Figura 3.2.1 se ilustra un diagrama que representa un conjunto de datos y la descripción del tipo de caracterización que hace cada percentil.

Después de la obtención de los indicadores se procede a evaluar la tendencia de los mismos, en el SIMAT se obtiene generalmente la tendencia del percentil 90 para inferir acerca de las concentraciones altas y la tendencia del percentil 50 para inferir sobre el comportamiento de las concentraciones típicas, es decir, aquellas que ocurren con mayor frecuencia.

Un aspecto relevante al evaluar la tendencia del comportamiento de cada percentil, es que ésta puede diferir entre estaciones de monitoreo; por esta razón el SIMAT emplea una prueba de homogeneidad (Gilbert O. R., 1987) para determinar la semejanza que hay en el comportamiento de un indicador para un conjunto de estaciones.



**Figura 3.2.1 Representación gráfica de algunos indicadores estadísticos**

Finalmente se evalúa la tendencia en las estaciones y se identifica el porcentaje de cambio asociado al período de análisis. Esta evaluación se realiza mediante la Prueba de Mann Kendall (Gilbert O. R., 1987) y el porcentaje de cambio obtenido puede ser creciente o decreciente con un

nivel de confianza de 95%. Si el porcentaje de cambio es cero o no significativo se dice que no hay tendencia. Este método permite estimar la tendencia sin considerar la influencia de los datos extremos, faltantes o con comportamientos cíclicos, además de que identifica patrones tanto generalizados como particulares en la tendencia.

### 3.3 Análisis de estado de los contaminantes atmosféricos

El análisis de estado permite inferir acerca del impacto que tiene la situación de la calidad del aire en la salud de la población y se recurre a indicadores relacionados con los límites máximos definidos en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de Salud Ambiental. El SIMAT recurre generalmente al porcentaje de días o muestreos al año con valores superiores a estos límites (Tabla 3.3.1) y considera como insumo la información de estaciones conforme los criterios mencionados.

**Tabla 3.3.1 Normas Oficiales Mexicanas, Salud Ambiental**

| Norma                           | Contaminante                                     | Valor límite  |                             |   |
|---------------------------------|--|---|-----------------------------|---|
|                                 |  | Exposición aguda  |                             | Exposición crónica                                      |
|                                 |  | Concentración y tiempo promedio                         | Frecuencia máxima aceptable | Para protección de la salud de la población susceptible |
| NOM-020-SSA1-1993 <sup>/a</sup> | Ozono (O <sub>3</sub> )                          | 0.11 ppm (1 hora)                                       | 1 vez al año                | n/a   |
|                                 |  | 0.08 ppm (8 horas) <sup>/b</sup>                        | 4 veces al año              |   |
| NOM-021-SSA1-1993 <sup>/a</sup> | Monóxido de carbono (CO)                         | 11 ppm (promedio móvil de 8 horas)                      | 1 vez al año                | n/a   |
| NOM-022-SSA1-1993 <sup>/a</sup> | Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )             | 0.13 ppm (24 horas)                                     | 1 vez al año                | 0.030 ppm (Promedio aritmético anual)                   |
| NOM-023-SSA1-1993 <sup>/a</sup> | Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )          | 0.21 ppm (1 hora)                                       | 1 vez al año                | n/a   |
| NOM-025-SSA-1993 <sup>/c</sup>  | Partículas suspendidas totales (PST)             | 210 µg/m <sup>3</sup> (Promedio 24 horas) <sup>/d</sup> | 1 vez al año                | n/a   |
|                                 | Partículas menores a 10 µm (PM <sub>10</sub> )   | 120 µg/m <sup>3</sup> (Promedio 24 horas) <sup>/d</sup> | 1 vez al año                | 50 µg/m <sup>3</sup> (promedio aritmético anual)        |
|                                 | Partículas menores a 2.5 µm (PM <sub>2.5</sub> ) | 65 µg/m <sup>3</sup> (Promedio 24 horas)                | 1 vez al año                | 15 µg/m <sup>3</sup> (promedio aritmético anual)        |
| NOM-026-SSA1-1993 <sup>/a</sup> | Plomo (Pb)                                       | n/a   | n/a                         | 1.5 µg/m <sup>3</sup> (promedio aritmético trimestral)  |

<sup>/a</sup> Publicadas el 23 de Diciembre de 1994, <sup>/b</sup> Modificada el 30 de octubre del 2002, <sup>/c</sup> Modificada el 25 de Septiembre de 2005,

<sup>/d</sup> Anteriormente los valores normados eran de 260 µg/m<sup>3</sup> para las PST y 150 µg/m<sup>3</sup> para PM<sub>10</sub>.



## 3.4 Ozono y dióxido de nitrógeno

### 3.4.1 Formación del ozono

El ozono es un contaminante secundario que se forma en la atmósfera mediante procesos químicos en los que intervienen compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NOx) y la radiación solar. Por consiguiente, en principio, las concentraciones del ozono pueden reducirse si las emisiones de COV y NOx se disminuyen y controlan.

La disponibilidad relativa de los NOx con respecto a los COV limitan la formación del ozono, mientras que otras clases de compuestos químicos existan en “abundancia”. Cuando los COV se encuentran en abundancia, el ozono puede ser reducido efectivamente disminuyendo los NOx, mientras que las reducciones en los COV tendrán un pequeño efecto en el ozono. Esta situación es conocida como “NOx limitante” o “sensitiva a NOx”. Cuando son los NOx los que se encuentran en “abundancia”, a la formación del ozono se le conoce como “sensitiva a COV” por lo que se hace sugerente reducir las emisiones de COV.

Los estudios realizados en el pasado señalaban una regla empírica, que mencionaba que si las proporciones COV/NOx en ppbC/ppb son bajas o cercanas a diez, indican una formación del ozono sensitiva a COV, mientras que proporciones mayores a diez indicarían una formación de ozono sensitiva a NOx.

Experiencias internacionales como la de los Estados Unidos y la Unión Europea han sugerido que en varias ciudades la proporción COV/NOx es de aproximadamente 8 a 11 ppbC/ppb. Siendo las reducciones de COV con mayor frecuencia las mejores para disminuir las concentraciones de ozono en las grandes metrópolis. De manera general se ha encontrado que las emisiones en las grandes urbes son sensitivas a COV, mientras que áreas rurales son sensitivas a NOx.

En la Zona Metropolitana del Valle México (ZMVM) las estrategias para disminuir las concentraciones de ozono se han basado principalmente en la reducción de los COV y los NOx. En general las medidas para reducir COV son menos costosas que aquellas para reducir NOx. Sin embargo, las mediciones realizadas en la atmósfera de la ZMVM indican la presencia de una proporción mayor de COV que de NOx. La relación COV/NOx que se ha estimado y medido se encuentra en un intervalo que va de 19:1 a 34:1 ppbC/ppb, por lo que la atmósfera de la ZMVM sería más sensible a una reducción de las concentraciones de NOx (Molina M, 2002), esto es, la formación de ozono es NOx-sensible en la ZMVM, y por lo tanto se esperaría que el efecto de las reducciones de COV que se han llevando a cabo sería pequeño. Es necesario realizar investigaciones futuras para identificar lugares que presenten formación de ozono sensitiva a COV.

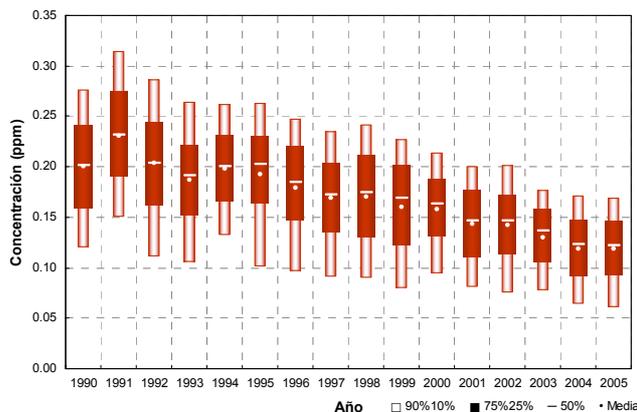
Aunque las principales fuentes de emisiones de COV han sido identificadas, las emisiones totales y la contribución relativa de varias fuentes tienen amplias incertidumbres (Molina, T. J., 2002).

### 3.4.2 Tendencia del ozono, 1990 - 2005

En los últimos 13 años las concentraciones de ozono que se registran en la ZMVM han presentado un comportamiento decreciente generalizado en todas las estaciones del SIMAT; 15 de éstas se localizan en el Distrito Federal y cinco en el Estado de México.

Al evaluar la tendencia de las concentraciones altas de ozono con el indicador percentil 90, se estima un comportamiento decreciente de 1990 a 2005 en todas las estaciones de monitoreo con mejor desempeño histórico<sup>2</sup> (Figura 3.4.1). El decremento mayor de este indicador fue de 46% y corresponde a la estación plateros (PLA).

En el caso de la tendencia de las concentraciones típicas de ozono, el indicador percentil 50 muestra un comportamiento decreciente a lo largo del periodo 1990 - 2005. Nuevamente la estación PLA presenta el decremento máximo con 50% (Figura 3.4.1).



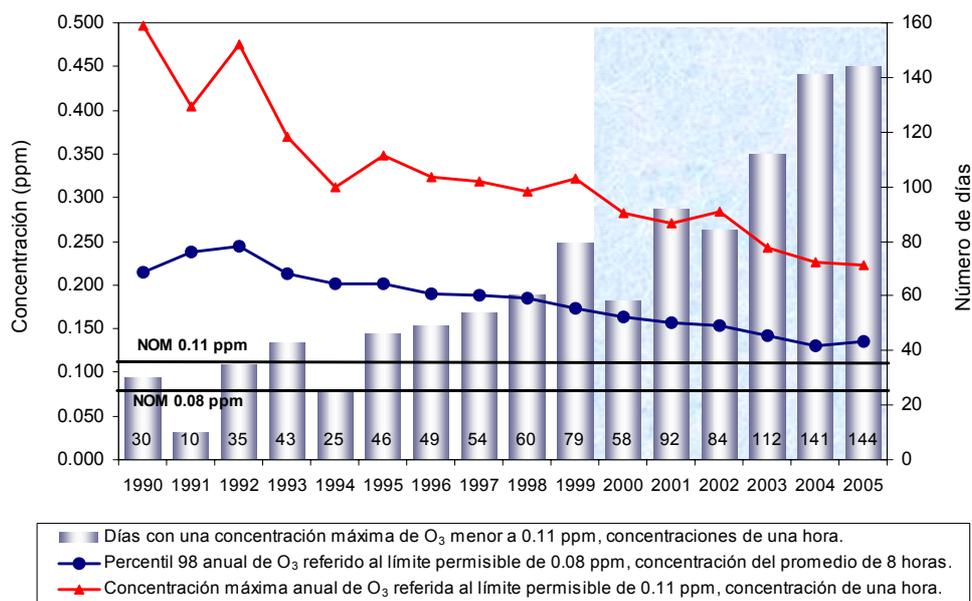
| Estaciones con tendencia significativa decreciente |                      |             |        |
|--|----------------------|-------------|--------|
| Indicador  | Número de estaciones | % de cambio |        |
|  |                      | Mínimo      | Máximo |
| Percentil 90                                       | 14                   | 29          | 46     |
| Percentil 50                                       | 14                   | 30          | 50     |

Figura 3.4.1 Tendencia del ozono en la ZMVM, 1990–2005

### 3.4.3 Estado del ozono y del dióxido de nitrógeno, 1990-2005

El análisis del estado del ozono considerando el número de días en que se rebasan los dos límites de protección a la salud que señala la NOM, muestra un decremento en ambos casos desde 1992, no obstante estos límites se rebasan aún de forma considerable y se refieren a condiciones de exposición aguda (0.11 ppm, promedio de una hora) y concentraciones de exposición crónica (promedio de 8 horas).

<sup>2</sup> LAG, TAC, AZC, TLA, XAL, MER, PED, CES, PLA, HAN, UIZ, BJU, TAX y SUR.



**Gráfica 3.4.1 Estado y tendencias del ozono en la ZMVM, 1990 – 2005**

El conteo de los días con concentraciones mayores al límite de 0.11 ppm, indica que 2005 es el año con menos días en los últimos 15 años y que el segundo lugar corresponde al año 2004. En el caso del dióxido de nitrógeno, uno de los precursores del ozono, presenta excedencias eventuales al nivel permisible de su NOM en los últimos años (Tabla 3.4.1).

**Tabla 3.4.1 Número de días con concentraciones de ozono y dióxido de nitrógeno superiores al límite permisible**

| Año  | Ozono  |            | Dióxido de Nitrógeno |            |
|------|--------|------------|----------------------|------------|
|      | Número | Porcentaje | Número               | Porcentaje |
| 1990 | 325    | 91.5       | 31                   | 8.9        |
| 1991 | 335    | 97.1       | 16                   | 4.7        |
| 1992 | 317    | 90.1       | 8                    | 2.3        |
| 1993 | 320    | 88.2       | 29                   | 8.0        |
| 1994 | 340    | 93.2       | 28                   | 7.7        |
| 1995 | 319    | 87.4       | 32                   | 8.8        |
| 1996 | 317    | 86.6       | 84                   | 23.0       |
| 1997 | 311    | 85.2       | 38                   | 10.4       |
| 1998 | 305    | 83.6       | 30                   | 8.2        |
| 1999 | 286    | 78.4       | 19                   | 5.2        |
| 2000 | 308    | 84.2       | 23                   | 6.3        |
| 2001 | 273    | 74.8       | 1                    | 0.3        |
| 2002 | 281    | 76.7       | 0                    | 0          |
| 2003 | 253    | 69.3       | 6                    | 1.6        |
| 2004 | 225    | 61.0       | 3                    | 0.8        |
| 2005 | 221    | 60.5       | 3                    | 0.8        |

El decremento de las concentraciones máximas de ozono asociadas con el límite permisible de 0.11 ppm, promedio de una hora, ha hecho que el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) no se active en los últimos años. Al 30 de septiembre de 2006 se han acumulado cuatro años con doce días sin contingencia ambiental atmosférica debida al ozono, la última se registró el 18 de septiembre del 2002. Hasta el 30 de agosto de 2006, el PCAA se activaba cuando se registraba una concentración superior a 0.282 ppm, promedio de una hora, la cual corresponde a 240 puntos del IMECA; a partir del primero de septiembre del 2006 se activa al rebasar los 200 puntos IMECA.

Gráficamente la evolución de los niveles de ozono se puede apreciar en el “Mosaico de Ozono”, que se muestra en la contraportada de este documento; en el Mosaico se indica la concentración máxima horaria de ozono que se registró en la ZMVM cada día del primero de enero de 1986 al 30 de septiembre del 2006.

### 3.4.4 Mapa de ozono

Los mapas de ozono ofrecen de manera gráfica la distribución espacial del ozono en el aire ambiente de la Ciudad de México, basándose en la información que proporcionan las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, interpolando valores de las concentraciones de ozono por el método de Krigging.

Las concentraciones de ozono son convertidas a contornos del color de las categorías del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA): verde, amarillo, anaranjado, rojo y café, mostrados en la Tabla 3.4.2.

**Tabla 3.4.2 Concentraciones de ozono y sus equivalentes en puntos IMECA**

| Concentración de ozono (ppm) | Equivalente en puntos IMECA | Descripción de la calidad del aire |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 0 - 0.055                    | 0 a 50                      | Buena                              |
| 0.055 a 0.110                | 50 a 100                    | Satisfactoria                      |
| 0.110 a 0.171                | 100 a 150                   | No satisfactoria                   |
| 0.171 a 0.208                | 150 a 180                   | Mala                               |
| 0.208 a 0.233                | 180 a 200                   | Mala                               |
| 0.233 a 0.257                | 200 a 220                   | Muy Mala                           |
| 0.257 a 0.282                | 220 a 240                   | Muy mala                           |
| > 0.282                      | > 240                       | Muy mala                           |

El mapa se actualiza continuamente durante el día (8:00 a 20:00 horas) y va mostrando la acumulación del ozono mediante los cambios de coloración asociada a las concentraciones medidas. La población, al identificar los colores puede utilizar los mapas de ozono para determinar de una manera sencilla si las concentraciones de ozono están alcanzando niveles que pueden afectar a la salud; estos mapas pueden ser consultados en la página de Internet de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal [www.sma.df.gob.mx/simat](http://www.sma.df.gob.mx/simat).

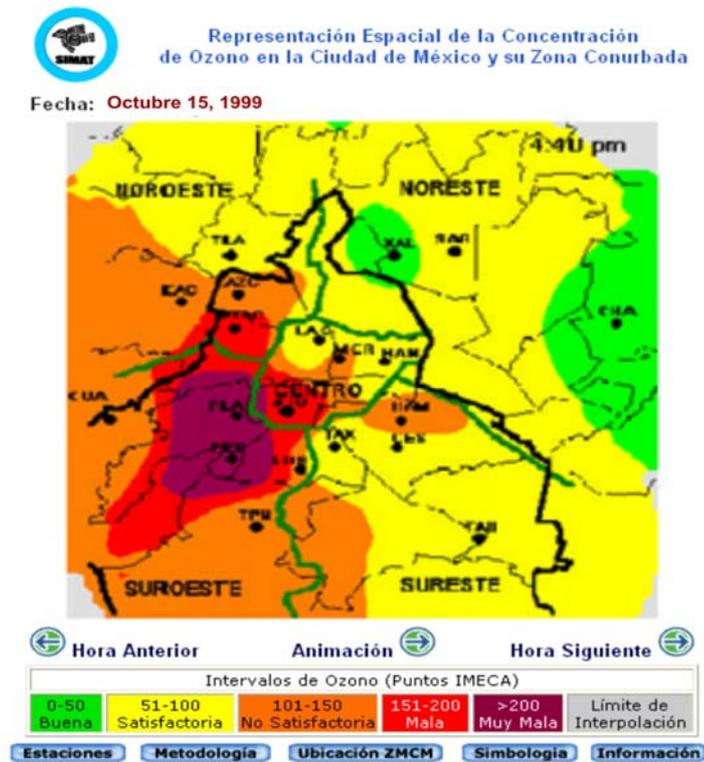


Figura 3.4.2 Mapa de concentración de ozono en la ZMVM

## 3.5 Partículas Suspendidas

### Origen de las partículas

Las partículas de origen natural son un constituyente normal de la atmósfera, ya que se generan a partir de procesos variados entre los que se encuentran la erosión del suelo ocasionada por el viento, los incendios forestales, las erupciones volcánicas y el desprendimiento de polen. En la evaluación de la calidad de aire, las partículas que se mantienen en suspensión en la atmósfera durante períodos relativamente largos son de primordial interés, por sus efectos en la salud.

Las partículas gruesas son generadas principalmente por procesos mecánicos y la combustión de materiales sólidos. Las partículas que poseen diámetros entre 2.5 y 10  $\mu\text{m}$  (micrómetros) son generadas principalmente por procesos mecánicos que producen polvo que puede ser suspendido por el viento, prácticas agrícolas y tráfico vehicular en vialidades sin pavimento. La composición dominante en este diámetro de partículas son elementos como el silicio, aluminio, magnesio, ceniza, material biológico como el polen y la sal marina.

Las partículas menores de 2.5  $\mu\text{m}$ , conocidas como  $\text{PM}_{2.5}$  o fracción fina, son generadas principalmente por quema de combustibles fósiles en la industria, el transporte y el sector residencial. Una fracción importante es producida en la atmósfera a través de reacciones químicas de emisiones antropogénicas ( $\text{COV}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , compuestos orgánicos reactivos, amoníaco, entre otros). Durante el proceso de combustión las altas temperaturas provocan la formación de las partículas finas; sin embargo, estas partículas también se forman frecuentemente a partir de la condensación, nucleación y por reacción en la fase líquida en los gases (Vega, 2004).

Las partículas con un tamaño menor a 10 micrómetros ( $\text{PM}_{10}$ ) y 2.5 micrómetros ( $\text{PM}_{2.5}$ ), también son causa de preocupación en la ZMVM, sobre todo por su incidencia en la salud de los habitantes. Las investigaciones realizadas en la Ciudad de México sobre daños a la salud ocasionados por partículas, evidencian el incremento de los índices de mortalidad, semejantes a estudios en ciudades de Europa y Estados Unidos de América. Entre los hallazgos se encuentra que ante incrementos de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  hay un aumento de 1.6% en las muertes diarias de personas mayores de 65 años y de 6.9% en la mortalidad infantil (menos de un año de edad), y que un aumento de la misma magnitud en las  $\text{PM}_{10}$  se asocia con un incremento de 4% de las muertes totales diarias (NOM-025-SSA1-1993).

En la ZMVM los estudios realizados en el 2003 por el Doctor Mario Molina y su grupo de investigadores encontraron que el 54% de la composición de la  $\text{PM}_{2.5}$  son de origen orgánico, concentración superior a las encontradas en ciudades norteamericanas, además de que las partículas recién emitidas por los automotores son carbonaceas y recubiertas por aceite o combustible no quemado. Además se encontró que después de unas cuantas horas de haber sido emitidas se transforman y se mezclan principalmente con sulfato de amonio (CMM, 2006).

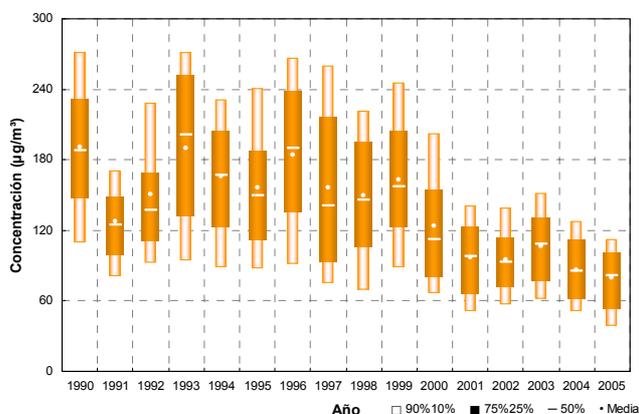
### 3.5.1 Tendencia de las $\text{PM}_{10}$ , 1990 – 2005

El análisis de la tendencia de las  $\text{PM}_{10}$  en el período comprendido de 1990 a 2005 por medio del percentil 90, con base a la información de 5 estaciones de monitoreo<sup>3</sup>, indica un comportamiento decreciente generalizado. El decremento máximo fue de 56% y corresponde a la estación de monitoreo Tlalnepantla (TLA) localizada en el noroeste de la ZMVM (Figura 3.5.1).

Asimismo, el percentil 50 que caracteriza a las concentraciones típicas, muestra una disminución de 1990 a 2005 en las 5 estaciones. El indicador de la estación Xalostoc (XAL) presentó el decremento máximo, con 55% (Figura 3.5.1).

---

<sup>3</sup> Las estaciones con mejor desempeño histórico para  $\text{PM}_{10}$  son CES, MER, PED, TLA, XAL.



| Estaciones con tendencia decreciente |                      |             |      |                  |
|--------------------------------------|----------------------|-------------|------|------------------|
| Indicador                            | Número de estaciones | % de cambio |      | No significativa |
|                                      |                      | Mín.        | Máx. |                  |
| Percentil 90                         | 5                    | 35          | 56   | 1                |
| Percentil 50                         | 5                    | 32          | 55   | 1                |

Figura 3.5.1 Tendencias de las PM<sub>10</sub> en la ZMVM, 1990–2005

### 3.5.2 Estado de las PM<sub>10</sub>

Con relación a las PM<sub>10</sub> su situación considerando el límite de la NOM para exposición aguda, definido en 150 µg/m<sup>3</sup> como promedio de 24 horas vigente hasta el 30 de agosto del 2006, indica que en el año 2005 se superó en 3% de los muestreos realizados, mientras que en 1990 ocurrió en el 72% de los muestreos.

En el caso del límite de exposición crónica de PM<sub>10</sub>, definido en 50 µg/m<sup>3</sup> como promedio anual, éste se rebasó en el año 2005 en el 73% de las estaciones de monitoreo, con un valor máximo de 78 µg/m<sup>3</sup> que corresponde a la estación Xalostoc ubicada al noreste de la ZMVM. Es importante anotar que los valores más altos corresponden a estaciones ubicadas en el noreste de la ZMVM y que los valores mínimos a estaciones ubicadas en la región suroeste, donde el valor del promedio anual ha sido inferior al que establece la NOM desde el año 2000.

Las emergencias ambientales por concentraciones elevadas de PM<sub>10</sub> que se han presentado en los últimos años en la ZMVM se asocian con el comportamiento de la población durante la celebración de las fiestas navideñas y de Año Nuevo, en las cuales se queman cohetes, llantas y otros materiales durante la noche y madrugada (Tabla 3.5.2).

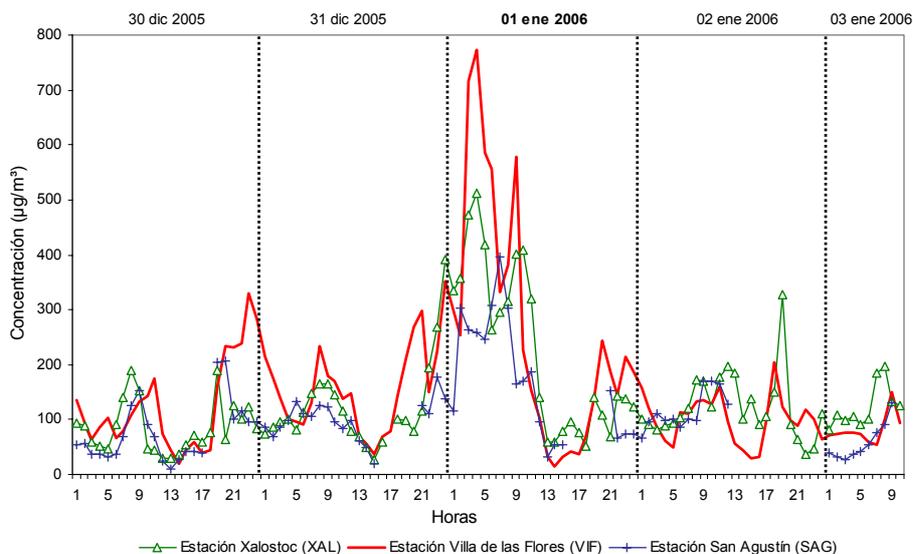
**Tabla 3.5.1 Promedio anual de partículas menores a 10 micrómetros y Número y porcentaje de muestreos fuera de norma ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 1990-2005**

| Año  | Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Estaciones que cumplen la NOM | Número y porcentaje de muestreos fuera de norma ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |    |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--|----|
|      |                                     |                                     |                               | #  | %  |
| 1990 | 187                                 | 64                                  | 0                             | 58   | 72 |
| 1991 | 127                                 | 62                                  | 0                             | 13   | 24 |
| 1992 | 139                                 | 50                                  | 0                             | 21   | 37 |
| 1993 | 188                                 | 58                                  | 0                             | 41   | 68 |
| 1994 | 163                                 | 55                                  | 0                             | 33   | 55 |
| 1995 | 155                                 | 50                                  | 1                             | 30   | 49 |
| 1996 | 191                                 | 46                                  | 2                             | 42   | 72 |
| 1997 | 155                                 | 38                                  | 1                             | 28   | 46 |
| 1998 | 144                                 | 52                                  | 0                             | 27   | 44 |
| 1999 | 159                                 | 43                                  | 1                             | 33   | 54 |
| 2000 | 125                                 | 44                                  | 1                             | 16   | 26 |
| 2001 | 95                                  | 42                                  | 1                             | 5  | 8  |
| 2002 | 90                                  | 41                                  | 1                             | 5  | 8  |
| 2003 | 100                                 | 42                                  | 1                             | 6  | 10 |
| 2004 | 88                                  | 33                                  | 1                             | 1  | 2  |
| 2005 | 78                                  | 37                                  | 1                             | 2  | 3  |

**Tabla 3.5.2 Instrumentación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas por niveles altos de  $\text{PM}_{10}$  en la ZMVM, 2000- 2006**

| Fase del PCCA   | Fecha de aplicación | Día     | Hora  | Zona - Estación               | IMECA |
|-----------------|---------------------|---------|-------|-------------------------------|-------|
| Fase 1          | 30/01/2000          | domingo | 12:00 | Sureste - Tlahuac             | 385   |
| Fase 1          | 25/12/2003          | jueves  | 12:00 | Noreste - Xalostoc            | 190   |
| Fase 1          | 01/01/2005          | sábado  | 8:00  | Noreste – Villa de las Flores | 197   |
| Precontingencia | 01/01/2006          | domingo | 9:00  | Noreste – Villa de las Flores | 169   |

En la Gráfica 3.5.1, se ilustra la situación ocurrida el pasado primero de enero de 2006, cuando se instrumentó la fase de Precontingencia del PCAA en el noreste de la ZMVM; la acumulación de  $\text{PM}_{10}$  durante la noche del día 31 de diciembre y en las primeras horas del día primero de enero, motivó que en la estación Villa de las Flores el índice de calidad del aire rebasara los 160 puntos a las 9:00 horas. Este comportamiento fue similar en otras estaciones localizadas en municipios del Estado de México de la región noreste.



**Gráfica 3.5.1 Comportamiento de las PM<sub>10</sub>, 30 de diciembre de 2005 - 3 de enero de 2006**

### 3.5.3 Estado de las PM<sub>2.5</sub>

En apego a los lineamientos que establece la NOM para PM<sub>2.5</sub>, con la información disponible en el SIMAT sólo se puede evaluar su estado durante 2004 y 2005. De esta forma se puede señalar que el límite de exposición aguda de 65 µg/m<sup>3</sup> como promedio de 24 horas, se rebasó durante 2005 sólo en la estación Xalostoc, con 88 µg/m<sup>3</sup>, al noreste de la ZMVM (Tabla 3.5.3).

A pesar de lo anterior, al evaluar la calidad del aire de la ZMVM con respecto al límite anual de 15 µg/m<sup>3</sup> que protege la salud humana ante la exposición crónica, se aprecia que en ambos años se rebasó en todas las estaciones del SIMAT. Los promedios máximos correspondieron a la estación Xalostoc, con 35.7 µg/m<sup>3</sup> en 2004 y 30.9 µg/m<sup>3</sup> en 2005 (Tabla 3.5.3). En el año 2003 sólo hay información disponible del último trimestre por lo que no se puede hacer referencia a la NOM; sin embargo, se presenta con fines comparativos.

**Tabla 3.5.3 Indicadores de calidad del aire para partículas menores a 2.5 micrómetros**

| Año  | Trimestres con información suficiente | Promedio máximo (µg/m <sup>3</sup> ) | Promedio mínimo (µg/m <sup>3</sup> ) | Regiones que cumplen la NOM | Percentil 98 |
|------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 2003 | 1                                     | 36.2                                 | 17.8                                 | 0                           | 88           |
| 2004 | 4                                     | 35.7                                 | 18.3                                 | 0                           | 64           |
| 2005 | 4                                     | 30.9                                 | 20.9                                 | 0                           | 52.9         |

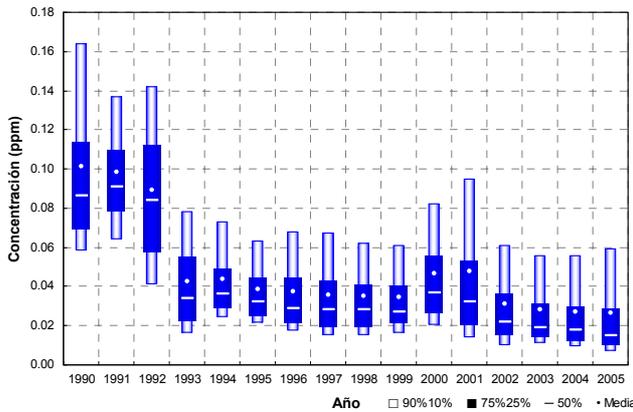
### 3.6 Dióxido de azufre

La disminución de las emisiones de dióxido de azufre a la atmósfera de la ZMVM, es el resultado de las acciones y programas diseñados para controlar los niveles de azufre en combustibles de uso industrial y vehicular.

En el análisis de tendencia de este contaminante con las estaciones con mejor desempeño histórico<sup>4</sup> se aprecia un decremento importante a partir de 1992, posteriormente se mantiene un patrón con poca variabilidad que se asocia con un conjunto de acciones que han permitido su control.

El indicador del percentil 90 que caracteriza a las concentraciones máximas, presenta el mayor decremento anual con una estimación de 0.0033 ppm, el cual corresponde a la estación Xalostoc. Las dos estaciones que no presentaron tendencia son Lagunilla y Benito Juárez.

Asimismo, las concentraciones típicas evaluadas con el percentil 50, tienen una decremento estimado de 0.0020 ppm y corresponde a la estación La Villa (Figura 3.6.1).



| Estaciones con tendencia decreciente |                      |                         |        |                  |
|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|--------|------------------|
| Indicador                            | Número de estaciones | Pendiente (m) de cambio |        | No Significativa |
|                                      |                      | Mín.                    | Máx.   |                  |
| Percentil 90                         | 14                   | 0.0003                  | 0.0033 | 2                |
| Percentil 50                         | 16                   | 0.0005                  | 0.0020 | 0                |

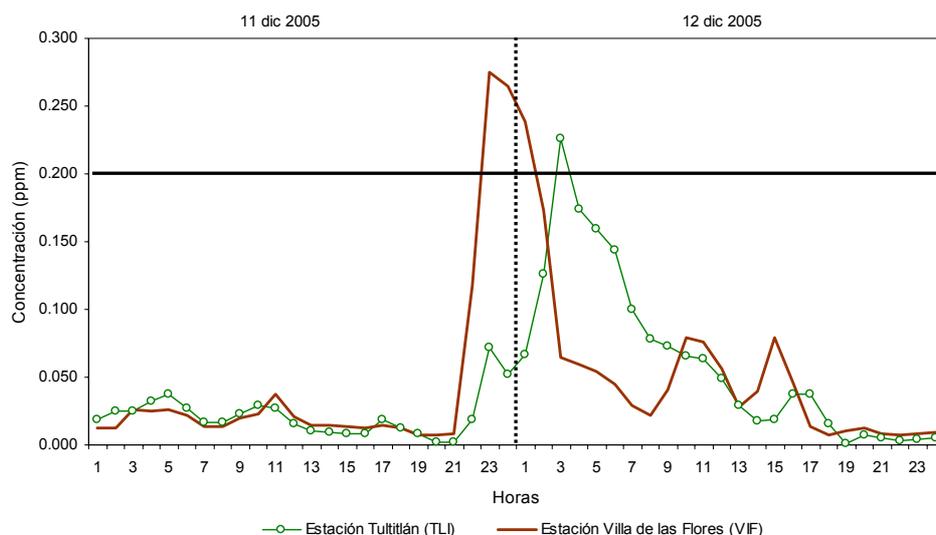
Figura 3.6.1 Tendencia del SO<sub>2</sub> en la ZMVM, 1990–2005

Esta situación favoreció que la NOM de dióxido de azufre no se rebasara en los últimos años, no obstante en el año 2000 y 2001 se comenzaron a registrar concentraciones altas, las cuales se caracterizan como eventos extraordinarios que ocurren predominantemente en el norte de la ZMVM y en horarios nocturnos, por lo que se asocia a estos eventos con el uso de combustibles ilegales o con emisiones provenientes del área de Tula, Hidalgo.

<sup>4</sup> Las estaciones con mejor desempeño histórico para SO<sub>2</sub> son: SUR, TAC, EAC, LVI, AZC, TLA, XAL, MER, PED, CES, ARA, PLA, UIZ y TAX



Un ejemplo de estos eventos ocurrió el día 11 de diciembre del año 2005, cuando a las 23:00 horas se registró una concentración mayor a 0.200 ppm de dióxido de azufre en la estación Villa de las Flores localizada en el municipio de Coacalco en el Estado de México. La incidencia de este evento en la región norte, se aprecia cuando otras estaciones, como Tultitlán en este caso, registran un aumento en los niveles de este contaminante unas horas después (Gráfica 3.6.1).

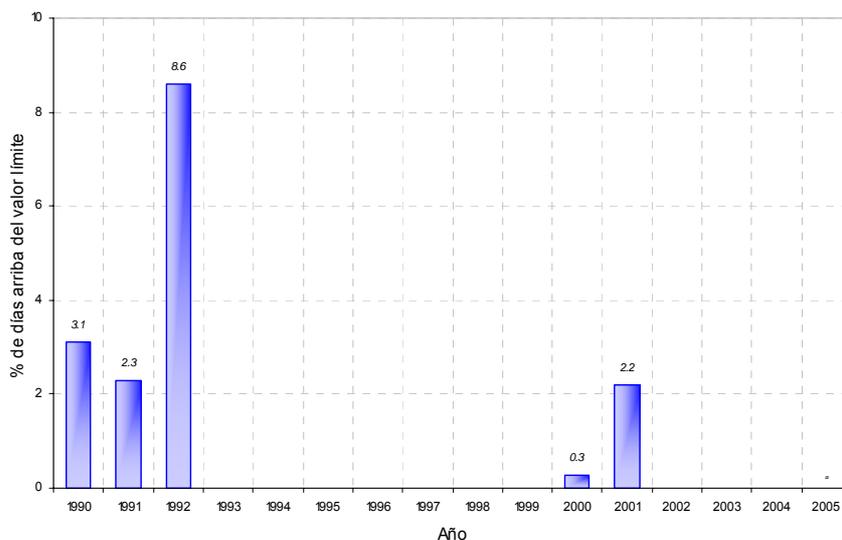


**Gráfica 3.6.1 Evento de concentración extraordinaria de dióxido de azufre, 11 y 12/Dic./ 2005**

La NOM de  $\text{SO}_2$  define como límite de protección a la salud ante eventos de exposición aguda una concentración de 0.130 ppm como promedio de 24 horas una vez al año, y como límite de protección ante eventos de exposición crónica a una concentración de 0.030 ppm como media aritmética anual.

La evaluación del estado de la calidad del aire en la ZMVM (Gráfica 3.6.2) con relación a estos indicadores muestra que 1992 fue el año con el mayor porcentaje de días (8.6%) que superaron la NOM de 0.130 ppm, y que en los años 2000 y 2001 se presentaron nuevamente excedencias a la NOM, las cuales ocurrieron en la estación TLA en una y siete ocasiones en los años señalados.

Al evaluar el promedio anual se encuentra que en los períodos de 1990 a 1993 y de 2000 a 2001 se rebasó el valor límite de 0.030 ppm (Tabla 3.6.1).



**Gráfica 3.6.2 Excedencias diarias al límite de la NOM de SO<sub>2</sub> en la ZMVM, 1990–2005**

**Tabla 3.6.1 Promedio aritmético anual (ppm) de SO<sub>2</sub> en la ZMVM, 1990–2005**

| Año  | Valor Máximo | Valor Mínimo | Estaciones que Exceden la NOM |
|------|--------------|--------------|-------------------------------|
| 1990 | 0.069        | 0.040        | 11                            |
| 1991 | 0.081        | 0.037        | 11                            |
| 1992 | 0.072        | 0.025        | 11                            |
| 1993 | 0.032        | 0.012        | 2                             |
| 1994 | 0.025        | 0.015        | 0                             |
| 1995 | 0.023        | 0.013        | 0                             |
| 1996 | 0.020        | 0.012        | 0                             |
| 1997 | 0.020        | 0.010        | 0                             |
| 1998 | 0.018        | 0.009        | 0                             |
| 1999 | 0.019        | 0.008        | 0                             |
| 2000 | 0.030        | 0.010        | 1                             |
| 2001 | 0.036        | 0.010        | 1                             |
| 2002 | 0.019        | 0.007        | 0                             |
| 2003 | 0.019        | 0.008        | 0                             |
| 2004 | 0.017        | 0.008        | 0                             |
| 2005 | 0.020        | 0.007        | 0                             |

### 3.7 Monóxido de carbono

El control de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la atmósfera de la ZMVM, se aprecia cuando se evalúa el cumplimiento del límite permisible que establece la NOM<sup>5</sup> para proteger la salud de la población, ya que en los últimos cinco años no se han registrado eventos que superen a este valor, además que a lo largo de la década de los 90 se presentó un decremento gradual de las ocasiones en que se rebasó (Tabla 3.7.1).

<sup>5</sup> La Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993 establece que la concentración de monóxido de carbono (CO), como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite máximo normado de 11 ppm promedio móvil de 8 horas, una vez al año.

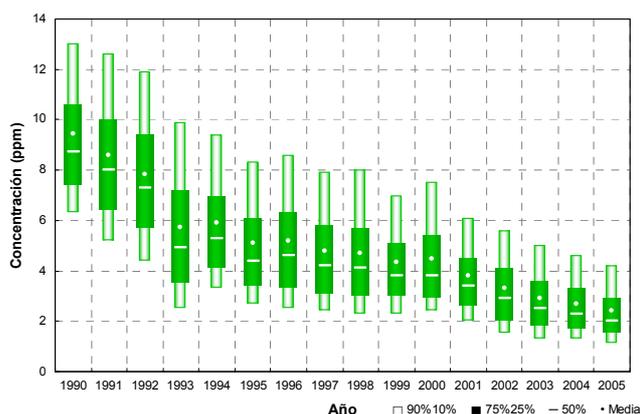


**Tabla 3.7.1 Días que superan el límite permisible de monóxido de carbono**

| Año  | Número | Porcentaje |
|------|--------|------------|
| 1990 | 141    | 39.8       |
| 1991 | 93     | 27.4       |
| 1992 | 56     | 16.8       |
| 1993 | 17     | 4.9        |
| 1995 | 11     | 3.0        |
| 1996 | 4      | 1.1        |
| 1997 | 6      | 1.6        |
| 1998 | 1      | 0.3        |
| 1999 | 4      | 1.1        |
| 2000 | 2      | 0.5        |
| 2001 | 1      | 0.3        |
| 2002 | 0      | 0          |
| 2003 | 0      | 0          |
| 2004 | 0      | 0          |
| 2005 | 0      | 0          |

Considera el valor de la NOM 11.0 ppm, promedio móvil de 8 horas.

Al analizar las concentraciones del monóxido de carbono de las estaciones con mejor desempeño histórico<sup>6</sup> (Figura 3.7.1), se reporta que la tendencia de las concentraciones máximas (percentil 90) y típicas (percentil 50) es decreciente a lo largo del período 1990 a 2005. Lo anterior indica el cumplimiento de la meta del ProAire 2002-2010 de continuar reduciendo gradualmente las concentraciones de este contaminante.



| Estaciones con tendencia decreciente |                      |             |      |
|--------------------------------------|----------------------|-------------|------|
| Indicador                            | Número de estaciones | % de cambio |      |
|                                      |                      | Mín.        | Máx. |
| Percentil 90                         | 16                   | 39          | 84   |
| Percentil 50                         | 16                   | 44          | 98   |

**Figura 3.7.1 Tendencia del CO en la ZMVM, 1990–2005**

<sup>6</sup> Las estaciones con mejor desempeño histórico para CO son: LAG, TAC, EAC, TLA, XAL, MER, PED, CES, PLA, HAN, UIZ, BJU, SAG, VAL, AZC y SUR.

### 3.8 Depósito atmosférico

Por medio de la Red de Depósito Atmosférico (REDDA), el SIMAT registra de forma continua y permanente las propiedades y compuestos del agua de lluvia. Esta actividad se denomina técnicamente como depósito atmosférico<sup>7</sup>, el cual se divide en depósito seco<sup>8</sup> y depósito húmedo<sup>9</sup>, y permite estudiar la transferencia de contaminantes del aire hacia el suelo. La acidez del agua de lluvia (relacionado con la presencia de ácidos fuertes  $H_2SO_4$  y  $HNO_3$ ) se define a partir del valor del pH de 5.6 (ligera acidez), el cual se considera como el pH del agua de lluvia en condiciones naturales debido a la presencia de ácido carbónico.

El proceso de transferencia de los contaminantes que propician la lluvia ácida (dióxido de azufre -  $SO_2$  y óxidos de nitrógeno -  $NO_x$ ), ilustra el flujo y dinámica de éstos con relación al origen de sus emisiones y su depósito en forma de iones (sulfatos -  $SO_4^{2-}$  y nitratos -  $NO_3^-$ ). Este proceso se explica a partir de las mediciones de la conductividad específica<sup>10</sup> (CE) de las muestras de agua de lluvia, una propiedad que permite inferir acerca de las áreas de mayor emisión.

El patrón de viento predominante en la ZMVM en dirección noreste – suroeste, propicia que las emisiones de  $SO_2$  y  $NO_x$  de la zona industrial se trasladen hacia el sur, donde las montañas funcionan como una barrera que las estanca. En esta región, las condiciones de presión y temperatura favorecen la condensación de humedad atmosférica y con ello una mayor precipitación pluvial. Por lo anterior, hay un mayor depósito de  $SO_4^{2-}$  y  $NO_3^-$  en esta región de áreas forestales y agrícolas (Figuras 3.8.1 y 3.8.2). Esta transferencia se refleja en las mediciones de pH, ya que en el suroeste se presentan los valores de mayor acidez. En 2005 los valores de pH en la ZMVM oscilaron entre 5.18 y 6.45 (Figura 3.8.3) (se considera que la lluvia es ácida cuando su pH es menor al valor de 5.6 unidades de pH).

---

<sup>7</sup> El depósito atmosférico es el proceso por el cual los gases, aerosoles (sistema coloidal obtenido por dispersión de partículas ultramicroscópicas sólidas o líquidas en el seno de un gas) y partículas que contaminan la atmósfera, son removidos y depositados en la superficie.

<sup>8</sup> Materia sin presencia de la fase acuosa, que es dispersada por los vientos y depositada por gravedad.

<sup>9</sup> Materia depositada durante los eventos de precipitación pluvial. El término precipitación se utiliza para referirse a la caída de hidrometeoros que alcanzan la superficie de la Tierra, como: lluvia, llovizna, neblina, rocío, escarcha, granizo, nieve, etc.

<sup>10</sup> La conductividad eléctrica de una muestra de agua es la expresión numérica de su capacidad para transportar una corriente eléctrica, lo cual depende de la concentración total de iones, de su movilidad, su carga o valencia y de las concentraciones relativas, así como de la temperatura. Debido a que la geometría de la celda de medición afecta los valores de conductividad, las mediciones se normalizan para compensar por variaciones en las dimensiones del electrodo.

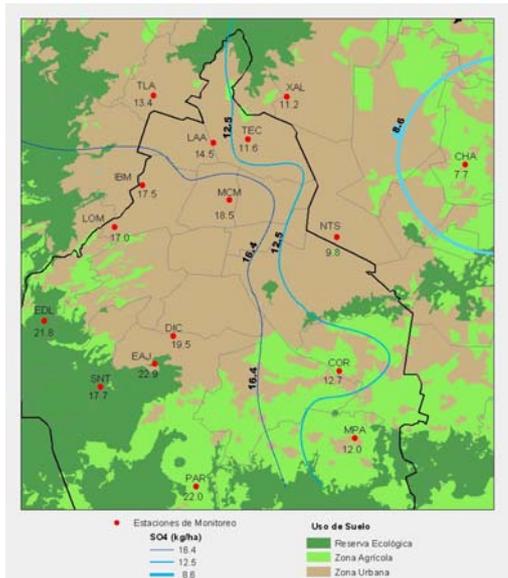


Figura 3.8.1 Depósito húmedo de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en la ZMVM, 2005

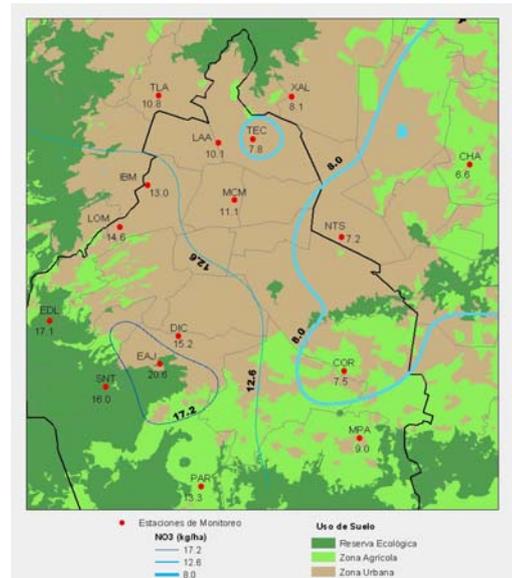


Figura 3.8.2 Depósito húmedo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en la ZMVM, 2005

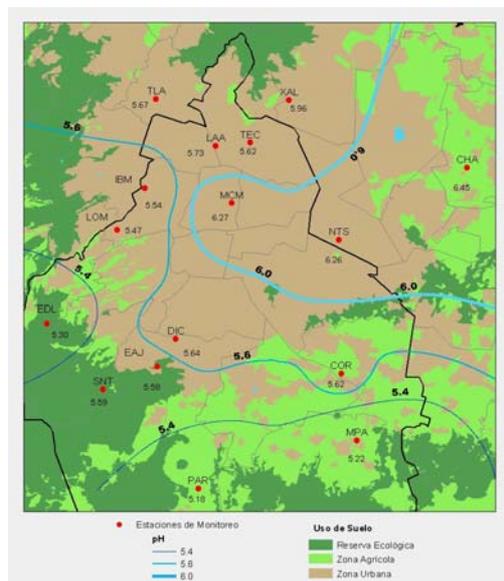
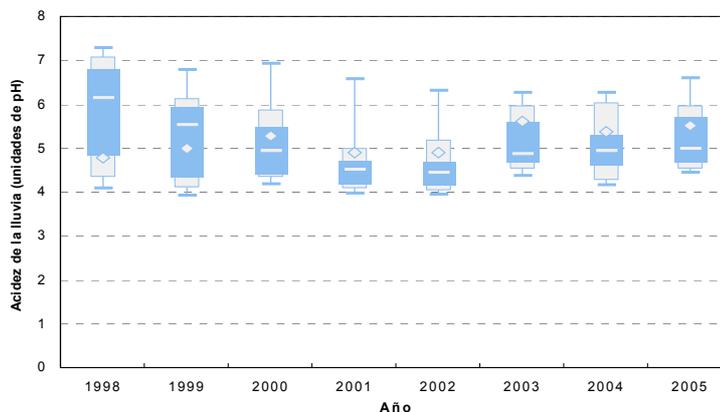


Figura 3.8.3 Potencial Hidrógeno (pH) en la precipitación pluvial de la ZMVM, 2005

La evolución histórica de los valores de pH registrados en la ZMVM, indica fluctuaciones en los valores de esta propiedad del agua de lluvia. Al comparar los resultados de 1998 con los obtenidos en 2005, se aprecia que en este último año hay nuevamente un incremento en el número de muestreos con pH menos ácido (Gráfica 3.8.1).



**Gráfica 3.8.1 Evolución de las mediciones de pH en la ZMVM, 1998 – 2005**

Asimismo, la superficie de la ZMVM con registros de lluvia ácida ( $\text{pH} \leq 5.6$ ) tiende a disminuir a lo largo de los años. Se estima que al inicio de la década de los 90 el 93% de la superficie de la ZMVM presentaba eventos de lluvia ácida, mientras que en el 2004 se estima que la superficie afectada es del 40% (Tabla 3.8.1).

**Tabla 3.8.1 Superficie de la ZMVM con valores de pH mayores y menores a 5.6, 1990–2004**

| Año  | Superficie afectada [ $\text{km}^2$ ] |                   |
|------|---------------------------------------|-------------------|
|      | $\text{pH} \leq 5.6$                  | $\text{pH} > 5.6$ |
| 1990 | 3200                                  | 256               |
| 1991 | 2748                                  | 708               |
| 1992 | 2880                                  | 577               |
| 1993 | 2176                                  | 1280              |
| 1994 | 2524                                  | 932               |
| 1995 | 983                                   | 2473              |
| 1996 | 2927                                  | 530               |
| 1997 | 3162                                  | 294               |
| 1998 | 3456                                  | 0                 |
| 1999 | 2551                                  | 905               |
| 2000 | 3365                                  | 91                |
| 2001 | 3256                                  | 200               |
| 2002 | 3084                                  | 373               |
| 2003 | 626                                   | 2831              |
| 2004 | 1372                                  | 2084              |
| 2005 | 1131                                  | 2325              |

### 3.9 Efectos en la salud

El aire contaminado produce diferentes daños a la salud humana, dependiendo de las propiedades físicas y químicas de sus componentes. La susceptibilidad a la exposición de contaminantes del aire varía de persona a persona. El riesgo individual está determinado por el estado de nutrición, las condiciones respiratorias y cardíacas, y el uso de medicamentos. En algunas investigaciones se ha encontrado una asociación entre la exposición y enfermedades en niños que padecen asma y



están bajo tratamiento médico; es decir, los niños que están gravemente enfermos. La susceptibilidad genética es otro factor que puede asociarse con enfermedades respiratorias. La edad es también un factor importante en personas menores a 13 años y en personas mayores a 65 años el riesgo es mayor.

Los efectos tóxicos atribuibles a una exposición de corto plazo (exposición aguda) a niveles altos de contaminantes varían. El efecto agudo más preocupante es la mortalidad: algunos informes describen un incremento en la mortalidad total relacionado con la exposición a partículas de diámetro pequeño, ozono y sulfatos, y debido a complicaciones respiratorias relacionadas con la exposición a la contaminación del aire. También se informa de un incremento en muertes por enfermedades cardiovasculares, que se considera como un efecto indirecto de la contaminación. Ambos casos de muerte coexisten con la exposición a partículas de diámetro pequeño, ozono, y sulfatos. La mortalidad atribuible a la exposición a aire contaminado ocurre principalmente en individuos con enfermedades cardíacas y/o respiratorias, dándose en un período de uno a cinco días después de una exposición peligrosa.

La exposición de corto plazo a niveles altos de contaminantes también se relaciona con enfermedades de vías respiratorias superiores e inferiores: bronquitis, neumonía, enfermedad crónica obstructiva y tos con flema. Los síntomas por exposición a contaminantes como el ozono y las partículas de diámetro pequeño, incluyen ataques de asma, tos sin flema y sibilancias.

Los efectos en la salud asociados con una exposición a niveles bajos de contaminación del aire por períodos prolongados (exposición crónica), son similares a los mencionados para una exposición aguda. Existen informes del incremento de la mortalidad en relación con exposición crónica, aunque en la mayoría de los casos se trata de adultos con problemas respiratorios y cardiovasculares. El incremento de las enfermedades respiratorias (como la bronquitis) se ha mencionado también como un efecto de la exposición crónica. La disminución de la esperanza de vida debido a una exposición de largo plazo, es uno de los indicadores con mayor influencia.

En la exposición aguda y en la exposición crónica a contaminantes, las poblaciones están expuestas a una mezcla compleja de compuestos, cuyo efecto combinado puede diferir de un compuesto a otro por sí solo. Las partículas y el ozono suelen correlacionarse espacial y temporalmente, lo que dificulta evaluar su efecto individual. En algunos estudios se ha probado que la mezcla de  $PM_{10}$  y ozono es más tóxica que por sí solos; mientras que otros análisis sugieren que los efectos del ozono y las partículas respirables son relativamente independientes. Esto indica que todavía no es clara la influencia de cada contaminante en el aumento de las tasas de mortalidad y morbilidad.

Los contaminantes del aire en forma de aerosol pueden ser más tóxicos, ya que son depositados o absorbidos rápidamente. En el campo de la toxicología ambiental existe un mayor interés en el estudio de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , y los compuestos orgánicos e inorgánicos que contienen, ya que las partículas producen efectos tóxicos de acuerdo con sus propiedades químicas y físicas. Sus

efectos en individuos susceptibles son más graves que en individuos normales. Los investigadores creen que los compuestos más tóxicos se encuentran en las PM<sub>2.5</sub>. El alcance de las partículas en el sistema respiratorio está determinado por su tamaño; sólo las PM<sub>10</sub> entran al sistema respiratorio y una vez ahí se acumulan en sitios diferentes.

Por su parte, el ozono es un gas altamente reactivo y poco soluble, al inhalarse es abatido parcialmente en las vías respiratorias superiores, pero la mayor fracción alcanza las vías respiratorias bajas. La toxicidad del ozono en las vías respiratorias superiores se observa en la inflamación necrónica y exacerbación de los síntomas de tos y dolor en la inspiración profunda en humanos.

En la Tabla 3.9.1 se enlistan los efectos genéricos en la salud asociados a ozono y PM<sub>10</sub> que resultaron de un meta-análisis elaborado en el año 2000 y que integra estudios realizados en México y en otras ciudades del mundo.

Los estudios epidemiológicos sobre los efectos de las partículas en México se han enfocado al análisis de mortalidad prematura. La bibliografía reporta que las relaciones tienen mayor significancia estadística con poblaciones de ancianos y niños. A partir de estos estudios se estima un incremento ponderado de 1.4% en la mortalidad diaria por cada incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>.

**Tabla 3.9.1 Exposición - Respuesta estimada para la ZMVM**

| Indicador   | Ozono | PM <sub>10</sub> |
|---|-------|------------------|
| <b>Admisión en hospitales</b>                             |       |                  |
| Respiratoria  | ✓     | ✓                |
| Cardio-cerebrovascular                                    | ✓     | ✓                |
| Falla congestiva del corazón                              |       | ✓                |
| <b>Visitas a la sala de emergencia</b>                    |       |                  |
| Respiratoria  | ✓     | ✓                |
| <b>Días de actividad restringida</b>                      |       |                  |
| Total (adultos)   |       | ✓                |
| Días laborables perdidos (adultos)                        |       | ✓                |
| Total (niños)   |       | ✓                |
| Días laborables perdidos de mujeres debido a RDA en niños |       | ✓                |
| <b>Días de actividad restringida menor</b>                |       |                  |
| Total (adultos)   | ✓     | ✓                |
| <b>Efectos en Asmáticos</b>                               |       |                  |
| Ataques de asma   | ✓     | ✓                |
| Tos sin flema (niños)                                     |       | ✓                |
| Tos con flema (niños)                                     |       | ✓                |
| Tos con flema y uso de broncodilatador                    |       | ✓                |
| Algunos síntomas respiratorios (niños)                    | ✓     |                  |
| Síntomas respiratorios menores                            | ✓     |                  |
| <b>Síntomas respiratorios</b>                             |       |                  |
| Síntomas en vías respiratorias superiores                 | ✓     | ✓                |
| Síntomas en vías respiratorias inferiores                 | ✓     | ✓                |
| Sibilancias   | ✓     |                  |
| Bronquitis aguda  |       | ✓                |
| <b>Morbilidad crónica</b>                                 |       |                  |
| Bronquitis crónica, casos adicionales                     |       | ✓                |
| Tos crónica, prevalencia (niños)                          |       | ✓                |
| <b>Mortalidad por exposición crónica y aguda</b>          | ✓     | ✓                |



Los estudios sobre ozono hechos en México arrojan evidencia de que algunos contaminantes están asociados con la mortalidad prematura. En seis estudios mexicanos se encontró evidencia significativa del ozono cuando se incluyeron partículas en el análisis estadístico. Hay un estudio donde se encuentra asociación entre mortalidad cardiovascular y ozono, pero no así con mortalidad total.

Aunque algunos estudios sugieren que el ozono tiene un efecto en la mortalidad diaria, la evidencia en México y otras ciudades del mundo es que el efecto es más débil en comparación de las partículas y quizá también el impacto sea menor.

En comparación, el incremento ponderado con resultados de otras ciudades del mundo es de 0.6%. Las diferencias pueden deberse a la composición de las partículas y a la estructura de la población. La evidencia entre bronquitis crónica y partículas ha sido relativamente débil en los estudios mexicanos, apenas de 1.2%. En estudios de otras ciudades del mundo, el incremento de casos se estima en 10% por cada  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.9.2 Exposición - Respuesta observada en la ZMVM

| Ozono | Partículas                                | Efecto  | Autor                     |
|-------|---|---|---------------------------|
| √     | √   | Disminución de la función respiratoria infantil, provocando enfermedades respiratorias.   | Gold D. et al. 1999       |
| √     | √ (PM <sub>2.5</sub> )                    | Cambios en la función respiratoria de niños asmáticos y enfermedades de las vías respiratorias bajas.   | Romieu I. 1996            |
| √     | √ (PST)                                   | Asociación de la mortalidad total con ambos contaminantes y dióxido de azufre.  | Borja-Aburto, et al. 1997 |
|       | √ (PM <sub>2.5</sub> )                    | Un aumento de 1.4% en la mortalidad total ante un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM <sub>2.5</sub> , el mismo día y 4 días después. En personas mayores de 65 años un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM <sub>2.5</sub> , se asocia con un aumento de 2.5 y 2.2% en la mortalidad diaria por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, 4 días después de la exposición. Por ozono un incremento del 1.8% de la mortalidad diaria por causas cardiovasculares. | Borja-Aburto, et al. 1998 |
|       | √ (PM <sub>2.5</sub> )                    | En niños menores de un año un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM <sub>2.5</sub> , se asocia con un aumento de 6.9% en la mortalidad, 3 a 5 días previos.  | Loomis et al. (1999)      |
|       | √ (PM <sub>10</sub> - PM <sub>2.5</sub> ) | Aumento de 4.07% en la mortalidad por causas respiratorias por un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .  | Castillejos et al. 1999   |
|       | √ (PM <sub>10</sub> )                     | Riesgo mayor de muerte diaria por causas respiratorias en personas no hospitalizadas en comparación de hospitalizadas.  | Tellez Rojo et al. 2000   |

## IV. MARCO LEGAL

El mejoramiento de la calidad del aire en la ZMVM se ha apoyado en el marco legal vigente en los Estados Unidos Mexicanos donde partiendo de la Constitución Política, se manifiesta que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar (Artículo 4º párrafo IV). Para dar cumplimiento a este precepto, México cuenta con diversos instrumentos jurídicos, entre los más importantes están la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas.

En lo referente a la contaminación del aire, la LGEEPA, en su artículo 7º fracción I establece la responsabilidad para que los Estados sean los que formulen, conduzcan y evalúen la política ambiental estatal; en la fracción III establece las atribuciones para que las autoridades estatales sean las encargadas de prevenir y controlar la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles que no sean de competencia federal; y en la fracción XVIII establece la formulación, ejecución y evaluación del programa estatal de protección al ambiente.

Para dar cumplimiento a lo expresado tanto en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos como en la LGEEPA, el Gobierno del Distrito Federal cuenta con la Ley Ambiental del Distrito Federal (LADF) y su reglamento respectivo. En ella se establece que la institución responsable de la aplicación de esta Ley será de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA).

La Ley Ambiental del Distrito Federal establece en su capítulo III lo referente a la Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. En el artículo 130 establece las disposiciones aplicables a las fuentes fijas y móviles de jurisdicción local y en el artículo 133 establece las facultades para coordinarse con la federación, entidades federativas y municipios conurbados para la planeación y ejecución de acciones en materia de gestión de la calidad del aire, la elaboración del programa local de gestión de la calidad del aire, la regulación de las fuentes emisoras de su competencia, la elaboración del inventario de emisiones de las fuentes de su competencia, el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de calidad del aire, la elaboración de normas ambientales y el establecimiento de los sistemas de verificación de emisiones de automotores en circulación , entre otras.

Con base en lo establecido en la Ley Ambiental Local y su reglamento, la SMA integra y mantiene actualizado el inventario de fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera, opera un sistema de monitoreo de la calidad del aire y tiene instrumentado un programa de verificación de emisiones de automotores en circulación cuyo programa se actualiza y emite semestralmente. Asimismo, para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera de la ZMVM, en coordinación con la



Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México y con la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, formuló y está aplicando el Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire en la ZMVM 2002-2010, además de contar con un Comité de Normalización donde se elaboran y aprueban las normas de jurisdicción local.

#### **4.1 Reglamentos en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica**

El reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, se publicó el 25 de noviembre de 1988, y el 3 de junio del 2004 se reformó para integrarle el apartado del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. En dicho reglamento se definen los procedimientos técnico-administrativos a que están sujetas las fuentes emisoras de contaminantes que corresponden a la jurisdicción federal.

Por lo que respecta al Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal publicado el 3 de Diciembre de 1997, en su Título IV trata brevemente lo relacionado a la prevención y control de la contaminación generada por las fuentes fijas y móviles, en el Capítulo II en materia de contaminación atmosférica generada por las fuentes fijas menciona que las emisiones deben de estar conducidas por chimeneas o ductos y deberán tener plataformas y puertos de muestreo; y se trata lo relacionado con las fuentes móviles, definiendo cuales son los vehículos contaminantes, los requisitos para su verificación y la limitación para circular y sus excepciones.

Debido a estas limitaciones se elaboró una propuesta de Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, con el cual se pretende tener una mejor aplicación de la Ley Ambiental del Distrito Federal en esta materia. En el Anexo 1 se presentan los apartados referentes a calidad del aire de la LADF y su reglamento.

#### **4.2 Normas Oficiales Mexicanas**

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) que regulan las emisiones contaminantes provenientes de fuentes fijas y fuentes móviles y su medición, son elaboradas por la SEMARNAT, la que se coordina con el Comité Nacional de Normalización, con las dependencias, entidades, sectores y sociedad en general para la elaboración y operación de dichas normas. En lo que respecta a las normas de calidad del aire para protección de la salud la elaboración y actualización es responsabilidad de la Secretaría de Salud.

Actualmente, para el control y regulación de las emisiones, se tienen trece NOMs dirigidas a las fuentes estacionarias y diez a las fuentes móviles; también hay cinco NOMs para realizar el monitoreo ambiental de la calidad del aire. Aparte se tiene una norma para regular la calidad ecológica de los combustibles que se consumen a nivel nacional. Todas estas normas tienen como objetivo principal proteger la salud de la población y los ecosistemas, especifican la calidad del aire que deben tener las cuencas atmosféricas, establecen límites de emisión por las fuentes generadoras de contaminantes, siendo éstos más estrictos en zonas donde existen problemas serios de contaminación. En las Tablas 4.2.1 a la 4.2.5, se listan las NOMs vigentes en materia de calidad del aire y prevención de la contaminación.

Así mismo, en la presente administración la SMA colaboró con las autoridades federales formando parte de los grupos de trabajo para la modificación y actualización de cinco normas, las cuales se listan a continuación y se menciona su proceso de avance.

**Tabla 4.2.1 Normas vigentes en materia de calidad del aire**

| <b>Norma</b>      | <b>Parámetro y descripción</b>   | <b>Fecha de publicación</b>                           |
|-------------------|--|---|
| NOM-020-SSA1-1993 | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O <sub>3</sub> ). Valor normado para la concentración de ozono (O <sub>3</sub> ) en el aire a en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.  | 23-diciembre-1994<br>modificada 30 - octubre - 2002   |
| NOM-021-SSA1-1993 | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono en aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.   | 23-Diciembre-1994                                     |
| NOM-022-SSA1-1993 | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.   | 23-Diciembre-1994                                     |
| NOM-023-SSA1-1993 | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.   | 23 - Diciembre-1994                                   |
| NOM-024-SSA1-1993 | Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales (PST) en el aire ambiente como medida de protección de la salud.   | 23-Diciembre-1994<br>modificada el 25-septiembre-2005 |
| NOM-025-SSA1-1993 | 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 PM <sub>10</sub> y partícula PM <sub>2.5</sub> en el aire ambiente como medida de protección de la salud. | 25-Septiembre-2005                                    |
| NOM-026-SSA1-1993 | Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo (Pb) en el ambiente como medida de protección a la salud de la población.  | 23-Diciembre-1994                                     |

**Tabla 4.2.2 Normas Oficiales Mexicanas para el monitoreo ambiental**

| Norma                 | Parámetro y descripción  | Fecha de publicación |
|-----------------------|--|----------------------|
| NOM-034-SEMARNAT-1993 | Determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.          | 18-October-1993      |
| NOM-035-SEMARNAT-1993 | Determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición. |                      |
| NOM-036-SEMARNAT-1993 | Determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.                        |                      |
| NOM-037-SEMARNAT-1993 | Determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.         |                      |
| NOM-038-SEMARNAT-1993 | Determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.            |                      |

PROY-NOM-041-SEMARNAT-1999.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases provenientes del escape de los vehículos a gasolina en circulación. El proyecto se publicó el 3 de julio del 2006 y en él se incluyó la revisión de NO<sub>x</sub> y *LAMBDA*, además de corregirse los valores de O<sub>2</sub> y CO+CO<sub>2</sub>.

NOM-042-SEMARNAT-2003.- Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos en planta. La norma fue publicada el 7 de septiembre del 2005 y en ella se establecen límites de emisión más estrictos, similares a los que se aplican en la Unión Europea y los Estados Unidos de América.

PROY-NOM-045-SEMARNAT-1996.- Que establece los niveles máximos permisibles de opacidad de humo provenientes del escape de los vehículos a diesel en circulación. El proyecto se publicó el 4 de julio del 2006 y en él se destacan la modificación del procedimiento de medición y de los valores de opacidad.

NOM-077-SEMARNAT-1995.- Que establece el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de opacidad de humo proveniente del escape de los vehículos a diesel en circulación. La norma se abrogará, ya que su contenido formará parte de la nueva NOM-045-SEMARNAT-1996.

NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.- Especificaciones de los Combustibles Fósiles para la protección ambiental. Fue publicada el 30 de enero del 2006, en ella se contempla que para la ZMVM a partir de octubre del 2006 se suministrará gasolina Premium de 30 ppm de azufre y gasolina Magna de 30 ppm a partir de julio del 2009; por lo que respecta al diesel de 15 ppm de azufre, éste se distribuirá a partir de diciembre del 2009.

**Tabla 4.2.3 Normas Oficiales Mexicanas para fuentes fijas**

| <b>Norma</b>             | <b>Parámetro y descripción</b>   | <b>Fecha de publicación</b>                           |
|--------------------------|--|---|
| NOM-039-SEMARNAT-1993    | Que establece los límites máximos permisibles de la emisión a la atmósfera de bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico, en plantas productoras de ácido sulfúrico.   | 22-October-1993                                       |
| NOM-040-SEMARNAT-2002    | Protección ambiental-fabricación de cemento hidráulico-niveles máximos de emisión a la atmósfera.  | 18-Diciembre-2002                                     |
| NOM-043-SEMARNAT-1993    | Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.   | 22-October-1993                                       |
| NOM-046-SEMARNAT-1993    | Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico, provenientes de procesos de producción de ácido dodecibencensulfónico en fuentes fijas.  | 22-October-1993                                       |
| NOM-075-SEMARNAT-1995    | Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de los separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo.   | 26-Diciembre-1995                                     |
| NOM-085-SEMARNAT-1994    | Fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones. Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno. Requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como niveles máximos permisibles de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión. | 02-Diciembre-1994<br>Modificada el 11 -Diciembre-1997 |
| NOM-092-SEMARNAT-1995    | 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.  | 06-Septiembre-1995                                    |
| NOM-093-SEMARNAT-1995    | Método de prueba para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo.   | 06-septiembre-1995                                    |
| NOM-097-SEMARNAT-1995    | Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el país.   | 01-Febrero-2006                                       |
| NOM-105-SEMARNAT-1997    | Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera de partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de los procesos de recuperación de químicos de las plantas de fabricación de celulosa.  | 02-Abril-1998   |
| NOM-121-SEMARNAT-1995    | Límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles (COV) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías nuevas en planta de automóviles, unidades de uso múltiple, de pasajeros y utilitarios, carga y camiones ligeros, así como el método para calcular sus emisiones.   | 14-Julio-1998   |
| NOM-123-SEMARNAT-1999    | Contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV), en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.   | 14-Junio-1999   |
| NOM-137-SEMARNAT-2003    | Contaminación atmosférica plantas desulfuradoras de gas y condensados amargos control de emisiones de compuestos de azufre.  | 30-Mayo-2003  |
| NOM-EM-148-SEMARNAT-2006 | Contaminación atmosférica refinerías de petróleo recuperación de azufre.   | 3-Abril-2006  |



**Tabla 4.2.4 Normas Oficiales Mexicanas para fuentes móviles**

| Norma                 | Parámetro y descripción   | Fecha de publicación |
|-----------------------|---|----------------------|
| NOM-041-SEMARNAT-1999 | Límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.   | 06-Agosto-1999       |
| NOM-042-SEMARNAT-2003 | 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 los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.   | 07-Septiembre-2005   |
| 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, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipadas con este tipo de motores. | 12-October-2006      |
| NOM-045-SEMARNAT-1996 | Niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.   | 22-Abril-1997        |
| NOM-047-SEMARNAT-1999 | Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.  | 10-Mayo-2000         |
| NOM-048-SEMARNAT-1993 | Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.   | 22-October-1993      |
| NOM-049-SEMARNAT-1993 | Características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.   | 22-October-1993      |
| NOM-050-SEMARNAT-1993 | Niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible.   | 22-October-1993      |
| NOM-076-SEMARNAT-1995 | Niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.  | 26-Diciembre-1995    |
| NOM-077-SEMARNAT-1995 | Procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.   | 13-Noviembre-1995    |
| NOM-080-SEMARNAT-1994 | Límites máximos permisibles de emisión de ruido provenientes del escape de vehículos automotores motocicletas, y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.  | 13-Enero-1995        |

**Tabla 4.2.5 Norma Oficial Mexicana para combustibles**

| Norma                            | Parámetro y Descripción  | Fecha de publicación |
|----------------------------------|--|----------------------|
| NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 | Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental. | 30-Enero-2006        |

### 4.3 Normas Ambientales del Distrito Federal

El Artículo 36 de la Ley Ambiental del Distrito Federal establece que la SMA emitirá normas en el ámbito de su competencia con el objeto de regular el desarrollo de las actividades humanas que pudiesen afectar la salud de la población, la conservación del ambiente, la protección ecológica, o provocar daños al ambiente o a los recursos naturales, por lo que el 7 de junio del 2004 se instauró el Comité de Normalización Ambiental del Distrito Federal (CONADF) y en éste se han elaborado y publicado las siguientes Normas Ambientales que se relacionan con la atmósfera:

**Tabla 4.2.6 Normas Ambientales publicadas del Distrito Federal**

| Norma                   | Parámetro y Descripción  | Fecha de publicación |
|-------------------------|--|----------------------|
| 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. | 7 abril 2006         |
| NADF-005-AMBT-2006      | Que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras, que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras ubicadas en el Distrito Federal.                          | 27 Septiembre 2006   |
| PROY-NADF-009-AIRE-2006 | Que establece los lineamientos para la obtención, el uso y la comunicación de riesgos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).   | 19 de julio del 2006 |
| PROY-NADF-010-AMBT-2006 | Que establecerá el método de pruebas para determinar la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo en operación, ubicadas en el Distrito Federal.  | En grupo de trabajo  |

NADF-008-AMBT-2006.- 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 fue publicada en la Gaceta Oficial el 7 de abril de 2006. Durante el primer año de su aplicación se pretende que los nuevos establecimientos que utilicen energía para el calentamiento de agua en albercas y aquellos establecimientos industriales o de servicios que cuenten con más de 51 empleados deberán de, por lo menos, obtener el 30% de la energía utilizada de la energía solar para el calentamiento del agua, por lo tanto se evita la quema de un porcentaje importante de combustible.

NADF-005-AMBT-2006.- Que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras, que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras ubicadas en el Distrito Federal. La norma fue publicada en la Gaceta Oficial el 27 de septiembre de 2006. La norma fija los límites de emisión sonora la cual deberá ser menor de 65 decibeles en el horario de 6:00 a 20:00 horas y de 20:00 a 6:00 horas deberá ser menor a 62 decibeles.

Así mismo, las normas que se encuentran en proceso de elaboración son:



PROY-NADF-009-AIRE- 2006.- Se encuentra publicada para recibir comentarios en la Gaceta Oficial de Distrito Federal del 19 de julio del 2006, y establece los lineamientos para la obtención, el uso y la comunicación de riesgos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).

El IMECA tiene como propósito informar a la población de manera clara, oportuna y continua sobre los niveles de contaminación atmosférica, los probables daños a la salud y las medidas de protección que se pueden tomar. Además de documentar el procedimiento para la generación del IMECA, la norma incorpora elementos de comunicación de riesgo y medidas de protección de la salud. Los intervalos de concentración de contaminantes para la asignación de colores a los rangos del IMECA son los siguientes:

**Tabla 4.2.7 Intervalos de concentración para la asignación de colores a los rangos del IMECA**

| IMECA     | O <sub>3</sub><br>[ppm] | NO <sub>2</sub><br>[ppm] | SO <sub>2</sub><br>[ppm] | CO<br>[ppm]   | PM <sub>10</sub><br>[ppm] | PM <sub>2.5</sub><br>[ppm] |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|
| 0 – 50    | 0.000 – 0.055           | 0.000 – 0.105            | 0.000 – 0.065            | 0.00 – 5.50   | 0– 60                     | 0 – 15.4                   |
| 51 – 100  | 0.056 – 0.110           | 0.106 – 0.210            | 0.066 – 0.130            | 5.51 – 11.00  | 61 - 120                  | 15.5 – 40.4                |
| 101 – 150 | 0.111 – 0.165           | 0.211 – 0.315            | 0.131 – 0.195            | 11.01 – 16.50 | 121 - 220                 | 40.5 – 65.4                |
| 151 – 200 | 0.166 – 0.220           | 0.315 – 0.420            | 0.196 – 0.260            | 16.51 – 22.00 | 220 - 320                 | 65.5 – 150.4               |
| >200      | > 0.220                 | >0.420                   | >0.260                   | >22.00        | >320                      | >150.4                     |

PROY-NADF-010-AMBT-2006.- Proyecto de norma que establecerá el método de pruebas para determinar la eficiencia de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de auto consumo en operación, ubicadas en el Distrito Federal. Esta norma se encuentra en la etapa de elaboración del proyecto de norma en el grupo de trabajo.

## **V. PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002-2010**

La contaminación del aire ha sido uno de los retos ambientales más serios que han enfrentado los habitantes de la ZMVM, a partir de la segunda parte del siglo XX. Los primeros indicios del problema fueron identificados por investigadores universitarios a finales de la década de los cincuenta. En la década de los setenta se realizaron algunos esfuerzos gubernamentales para medir los niveles de contaminación y se crearon las primeras instituciones y leyes ambientales del país.

En 1986 se inicia el registro sistemático de los niveles de contaminación, con la instalación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico. Las 21 Acciones para Reducir la Contaminación del Aire y las 100 Medidas Necesarias puestas en marcha en 1986 y 1987, respectivamente, dieron origen a esfuerzos importantes, entre los que destacaron el inicio de la sustitución de combustóleo con alto contenido de azufre por gas natural en las termoeléctricas y la reducción del contenido de plomo en la gasolina. Surgió el Programa Un Día sin Auto, una iniciativa voluntaria que más tarde se transformaría en el Programa Hoy No Circula en forma obligatoria.

En octubre de 1990 se acordó la instrumentación del Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en el Valle de México (PICCA). Los esfuerzos del PICCA se dirigieron a la reducción de las emisiones de plomo, bióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, así como de las partículas generadas por la destrucción de bosques, erosión de zonas deforestadas, tiraderos clandestinos y calles sin pavimentar. Para ello, las estrategias del PICCA se concentraron en: a) el mejoramiento de la calidad de los combustibles, b) la reducción de emisiones en vehículos automotores, c) la modernización tecnológica y el control de emisiones en industrias y servicios, y d) la restauración ecológica de las áreas boscosas que circundan al Valle de México.

Con las medidas del PICCA se lograron mejoras sustanciales en la calidad del aire, principalmente respecto al plomo y al bióxido de azufre. Desde 1992 se logró que la concentración de estos contaminantes se mantuviera por debajo de la norma y que el monóxido de carbono sólo rebasara la norma de salud correspondiente de manera excepcional.

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, con el propósito de ampliar, reforzar y dar continuidad a las medidas iniciadas a principios de la década. El objetivo del ProAire 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 los hidrocarburos, las medidas implementadas fueron dirigidas principalmente a la reducción de las emisiones de estos contaminantes.

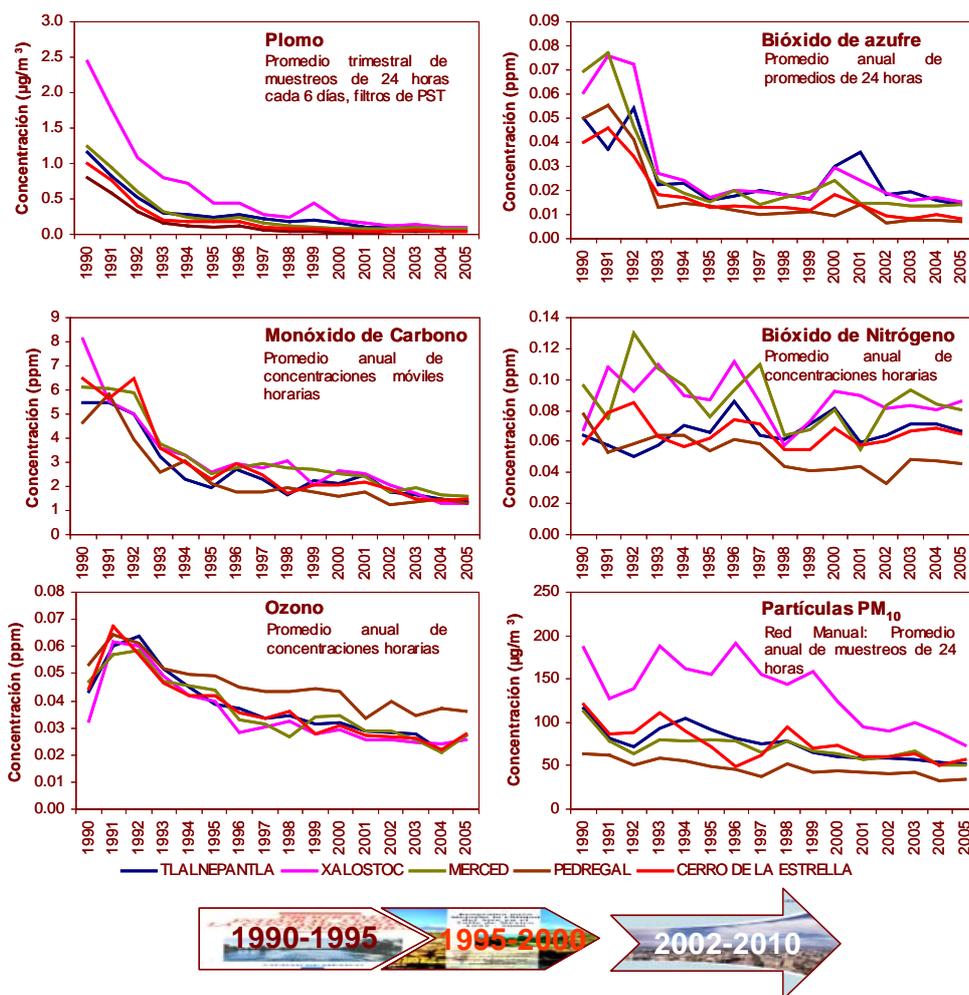


Figura 5.1 Tendencia de los contaminantes del aire en la ZMVM 1990-2005

Como resultado de estos programas, a lo largo de la década de los noventa se registró un avance en la reducción y contención de los niveles de contaminación atmosférica en la ZMVM, a pesar del continuo crecimiento de la población, del número de vehículos y del ritmo de actividad de esta zona. De esta forma, las concentraciones de plomo en el aire se redujeron en más de un 99% en comparación con los niveles que prevalecían en 1988; los niveles de bióxido de azufre fueron muy bajos comparados con la norma de salud correspondiente, los niveles de monóxido de carbono se

redujeron significativamente y los niveles de ozono revirtieron su tendencia a la alza en contraste con la tendencia que mantenían a principios de la década de los noventa (ProAire 2002-2010). Los resultados en el mejoramiento de la calidad del aire de 1990-2005 han sido positivos ya que en términos generales la contaminación atmosférica disminuyó significativamente en todos los contaminantes, pero persisten aún problemas en ozono (O<sub>3</sub>) y partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).

Durante la última década la preocupación por los temas del medio ambiente ha aumentado de manera considerable. Casi todos los países han creado instituciones ambientales y han propuesto nuevas leyes y normas ambientales. Sin embargo, los análisis preliminares indican que el manejo ambiental sigue siendo fragmentario y aborda únicamente problemas específicos, sin una integración coherente y explícita de estrategias económicas y sociales. La falta de recursos financieros, tecnología, personal capacitado y, en algunos casos, la existencia de marcos legales excesivamente extensos, incompletos y complejos son los problemas más comunes.

A pesar de llevar años de ventaja respecto a otras ciudades latinoamericanas en la identificación y definición de la naturaleza y alcance de la contaminación del aire, la ZMVM continúa enfrentando múltiples barreras para abordar el problema de manera efectiva. Esto incluye dificultades para formular políticas adecuadas y para la toma de decisiones, y cuellos de botella para su instrumentación.

Muchas barreras involucran la necesidad por parte de quienes toman las decisiones y del público de entender mejor los impactos sobre la salud, los riesgos y las ventajas y desventajas. No han tenido éxito algunos intentos previos por cuantificar las variables de tipo social, como los problemas de equidad, e incorporarlas a modelos de decisión lineal. Las respuestas a las políticas se han visto, además, obstaculizadas por grandes incertidumbres y falta de información sobre las fuentes de emisiones, la química atmosférica y la efectividad de las estrategias de control (Molina, 2004).

La contaminación del aire es generalmente vista como un problema local más que como un cambio global de largo plazo. Empero, como se analizó en un informe reciente publicado por la National Academy of Sciences de Estados Unidos, el incremento dramático de la población global y la urbanización, y la rápida industrialización en muchas regiones del mundo podrían tener consecuencias significativas en este siglo para la calidad del aire a gran escala o incluso a escala global. La dispersión regional o global de los contaminantes generados localmente ha quedado bien establecida en el caso de la deposición ácida, el cambio climático y la reducción del ozono estratosférico. La preocupación por el ozono troposférico y las partículas ha aumentado recientemente, debido a que el gran alcance en el transporte de estos contaminantes podría



afectar la calidad del aire en regiones lejanas a sus fuentes y debido a que también podrían contribuir al cambio climático (Molina, 2004).

Aún reconociendo la naturaleza entrópica y excesivamente compleja de la atmósfera de la ciudad de México, sus condicionamientos fisiográficos y las incertidumbres de su contexto institucional, es posible promover un manejo integral para mejorar la calidad del aire.

Con base en los resultados y experiencias obtenidas en los dos programas anteriores, se elaboró el ProAire 2002-2010, el cual es revisado bianualmente con objeto de dar seguimiento a las medidas planteadas, con posibilidades de modificar y/o reestructurar aquellas que no sean efectivas e incluir nuevas si fuera el caso.

El ProAire 2002-2010 cuenta con una evaluación de escenarios para los años de 1998 y 2010, simulando el crecimiento natural que tendría la ZMVM en los próximos diez años, con lo que se puede tener una idea de la magnitud del incremento de los niveles de contaminación que se pueden alcanzar si no se da impulso y continuidad a las medidas para la gestión ambiental del aire que propone.

## **5.1 Estrategia general para la gestión integral de la calidad del aire**

Los programas para mejorar la calidad del aire (ProAires) constituyen uno de los principales instrumentos desarrollados para revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire en las principales ciudades de México. Los ProAires incorporan medidas concretas para el abatimiento y control de las emisiones de contaminantes y se fundamentan en la relación existente entre la emisión de contaminantes por las fuentes que los producen y el impacto que ocasionan en la calidad del aire y sobre la salud de la población (INE, 2000).

La elaboración de un Proaire, inicia con la recopilación y análisis de información para obtener un diagnóstico de la calidad del aire, y conocer y jerarquizar a las fuentes contaminantes que producen su deterioro. Ello significa que para elaborar un ProAire es necesario contar con suficiente información generada por una red de monitoreo y con el inventario de emisiones detallado de las fuentes fijas, fuentes móviles y fuentes naturales presentes. A partir de esto se identifican y evalúan una serie de estrategias e instrumentos, estableciendo una ruta crítica para cada una de las medidas de aplicación y se identifica a los actores involucrados (INE, 2000).

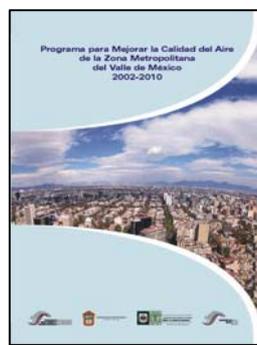
Un denominador común de los ProAires ha sido que resulta más fácil la aplicación de las medidas tradicionales de regulación y de corte tecnológico como inspeccionar industrias o reducir las emisiones vehiculares que aplicar medidas estructurales que requieren la participación de otros sectores. Hasta el momento, ha sido muy difícil coordinar e integrar las agendas y políticas fiscales,

de desarrollo urbano y de transporte, con las ambientales. La experiencia ha mostrado mayores avances en la coordinación de las políticas de calidad del aire entre los tres niveles de gobierno que entre los diferentes sectores. Esta dificultad en la integración de las políticas hace muy difícil el establecimiento y cumplimiento de acciones costo-efectivas dentro de los ProAires (INE, 2000).

La incorporación del conocimiento científico a estos Programas, adquirido en la última década por investigadores nacionales e internacionales que han trabajado sobre el problema de la contaminación del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, ha sido fundamental. Con estas investigaciones se ha apoyado el diseño de muchas de las estrategias planteadas, ya que se contó para la integración del mismo con la asesoría de reconocidos investigadores e instituciones, que han desarrollado un gran número de estudios en la zona más habitada del país, los cuales sirvieron como base para el diseño de las estrategias y acciones que se proponen para reducir la contaminación atmosférica.

En particular, entre las investigaciones llevadas a cabo, es importante señalar la realización del Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001–2010, el cual se efectuó en el año 2000 con el apoyo del Instituto Nacional de Ecología a través del Programa Integral de Contaminación del Aire, Urbana, Regional y Global que coordinó el Dr. Mario Molina Pasquel, con recursos otorgados por el Fideicomiso Ambiental del Valle de México. Dentro de los resultados de este proyecto, cabe destacar la información sobre la naturaleza y magnitud de los efectos en la salud debidos a la exposición a la contaminación del aire en la ZMVM.

Un aspecto importante de resaltar es el esfuerzo de planeación participativa en la formulación del ProAire 2002-2010. Para ello se integraron grupos de trabajo especializados en donde participaron representantes de diversos sectores de la sociedad. Los grupos de trabajo fueron coordinados por la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM).



**Figura 5.1.2 Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010**



## 5.2 Objetivos y metas

El ProAire 2002-2010 tiene como objetivo rector proteger la salud humana de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica en la ZMVM mediante la instrumentación de dos objetivos estratégicos:

- Reducir los niveles de contaminación del aire hasta alcanzar niveles que aseguren la protección a la salud, por precursores del ozono y por partículas fracción respirable.
- Evitar que la población sea expuesta a niveles de contaminación de alto riesgo.

El objetivo rector del ProAire, es marcadamente sanitario y de naturaleza restrictiva a través del control de emisiones contaminantes, para proteger de la exposición a la población especialmente vulnerable. Por exclusión, correspondería a las autoridades sanitarias y educativas la prevención de la exposición a contaminantes ambientales, con la participación de la sociedad civil.

Lo anterior se pretende alcanzar mediante la aplicación de las siguientes estrategias:

- Modernización y mejoramiento del transporte
- Regulación ambiental del crecimiento urbano
- Producción más limpia de bienes y servicios
- Modernización tecnológica y control de emisiones
- Preservación, restauración y conservación de recursos naturales.

## 5.3 Medidas adoptadas

El ProAire centra sus estrategias en la reducción de emisiones e incluye 89 medidas para intervenir en la infraestructura urbana en siete áreas estratégicas: vehículos y transporte; industria, servicios; conservación de recursos naturales; protección de la salud; educación ambiental y fortalecimiento institucional.

Visto en la perspectiva integral del medio ambiente de la ZMVM, las estrategias y medidas del ProAire, además de las 34 destinadas a la reducción de emisiones, buscan regular la infraestructura urbana a través de 43 medidas sobre transporte y vialidad, industria y servicios, asentamientos humanos y movilización urbana para frenar los índices de contaminación, sin intervenir en los factores determinantes de la problemática ambiental (crecimiento urbano, uso del suelo, servicios básicos, estilo de vida). Esto significa que los objetivos del programa son de control, aunque se adopten medidas preventivas para el alcance de las metas previstas para la disminución de las concentraciones de ozono y de partículas respirables. El ProAire incluye disposiciones, como ha sido señalado, para fomentar el uso sustentable de la energía y para integrar la vigilancia ambiental; además interviene, aunque limitadamente, en la autorregulación ambiental y en la participación ciudadana en la gestión ambiental.

En su mayoría las medidas programadas son reactivas a la problemática ambiental, aunque de incidencia importante en la reducción de emisiones contaminantes. Las medidas de protección de la salud y de educación ambiental pudieran considerarse en algún sentido como proactivas.

La intervención en los factores condicionantes (ordenamiento territorial, urbanización, densidad demográfica, marginación, estilo de desarrollo), escapa a un programa sectorial del medio ambiente y no sólo envuelven a las políticas regionales de la ZMVM sino que forman parte de las variables más importantes del desarrollo económico y social del país.

## 5.4 Avances de las acciones

En todo propósito que se emprende, es necesario evaluar sus resultados de manera objetiva y rigurosa, dando a conocer sus logros o retrocesos, con la finalidad de que los implicados identifiquen las componentes que fueron limitantes o fortalecieron el cumplimiento de los objetivos planteados. Por ello se ha realizado una evaluación integral en donde se asumió como un proceso estructural interdisciplinario entre las dependencias involucradas y responsables de cada medida instrumentada o por instrumentarse.

Para coordinar la implementación de las 89 medidas establecidas en el ProAire III, en abril del 2002 se integraron 11 grupos de trabajo (ver Tabla 5.4.1), cuyo funcionamiento quedó a cargo de los integrantes de la CAM, así como la Secretaría de Salud y el Instituto Nacional de Ecología.

**Tabla 5.4.1 Grupos de trabajo del ProAire**

| Gobierno del Estado de México |                       |                               | Gobierno del Distrito Federal |                     |   |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|---|
| No.                           | Grupo                 | Institución                   | No.                           | Grupo               | Institución   |
| 1                             | Industria y Servicios | Secretaría del Medio Ambiente | 4                             | Control Vehicular   | Secretaría del Medio Ambiente                                 |
| 2                             | Recursos Naturales    | Secretaría del Medio Ambiente | 5                             | Educación Ambiental | Secretaría del Medio Ambiente                                 |
| 3                             | Vialidad              | Secretaría de Comunicaciones  | 6                             | Transporte          | Secretaría de Transportes y Vialidad                          |
| Gobierno Federal              |                       |                               |                               |                     |   |
| No.                           | Grupo                 | Institución                   | No.                           | Grupo               | Institución   |
| 7                             | Energía               | SEMARNAT                      | 10                            | Salud               | Comisión Federal para la Prevención Contra Riesgos Sanitarios |
| 8                             | Normatividad          | SEMARNAT                      | 11                            | Investigación       | Instituto Nacional de Ecología                                |
| 9                             | Financiamiento        | SEMARNAT                      |                               |                     |   |

Es importante destacar que durante la gestión de esta administración y la instrumentación de las medidas, se ha avanzado significativamente en la complementación de las mismas, gracias a la coordinación interinstitucional de los diferentes grupos de trabajo y a la voluntad de los gobiernos involucrados. Así mismo, el Gobierno del Distrito Federal a través de sus diferentes dependencias en la que participa directamente la Secretaría del Medio Ambiente, ha iniciado 80 de las 87 medidas (ver Tabla 5.4.2), de las cuales se da una breve descripción de algunos de los avances en su implementación.



**Tabla. 5.4.2 Número de medidas en las que interviene el GDF**

| Grupo de trabajo      | Total de medidas | Medidas en las que interviene el GDF |           |
|-----------------------|------------------|--------------------------------------|-----------|
|                       |                  | Total                                | Iniciadas |
| Industria y Servicios | 15               | 14                                   | 14        |
| Recursos Naturales    | 15               | 15                                   | 15        |
| Control vehicular     | 9                | 9                                    | 9         |
| Educación Ambiental   | 4                | 4                                    | 4         |
| Transporte            | 23               | 23                                   | 17        |
| Normatividad          | 6                | 5                                    | 5         |
| Energía               | 6                | 6                                    | 6         |
| Salud                 | 7                | 7                                    | 6         |
| Investigación         | 3                | 3                                    | 3         |
| Financiamiento        | 1                | 1                                    | 1         |
| <b>Total</b>          | <b>89</b>        | <b>87</b>                            | <b>80</b> |

### Industria y servicios

Durante el período comprendido de enero de 2001 a septiembre de 2005, se han regulado 2,800 industrias, se entregaron 16 certificados de cumplimiento ambiental al mismo número de industrias que se autorregularon, 38 industrias entraron al Programa de Auditoría Voluntaria, y se practicaron 3,545 visitas de inspección en industrias que generan emisiones a la atmósfera. Asimismo, en el marco del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas 54 industrias fueron exentadas del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

### Recursos naturales

En la instrumentación de los Programas de Ordenamiento Ecológico, el proyecto de ordenamiento ecológico para el Ajusco no continuó, sin embargo, se ha retomado el estudio con la participación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) con el proyecto "Servicios Ambientales en las Políticas Rurales Territoriales" en el Ejido de Topilejo, Parres y la comunidad de Magdalena Contreras. Hasta el momento, este proyecto marca bases para la actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal (PGOEDF) a través del diseño de modelos de Evaluación de Tierras.

En lo referente a los Ordenamientos Delegacionales en el Distrito Federal, se incluye un capítulo ambiental en los programas Delegacionales de Desarrollo Urbano en el D.F.

Reglamento de la Ley Ambiental del D.F. en materia de Ordenamiento Ecológico: el trabajo de revisión 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.

Propuesta de modificación del Programa General de Ordenamiento Ecológico. Se ha definido la metodología e 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 D.F. y artículo 20 Bis 3 de la LGEEPA.

Fueron identificados más de 800 asentamientos irregulares en 9 delegaciones que cuentan con suelo de conservación y se han efectuado diversas acciones como vigilancia preventiva, vigilancia correctiva, recuperaciones y clausuras.

Se han realizado acciones coordinadas con las delegaciones en donde existe suelo de conservación y diversas instituciones con la finalidad de detener el crecimiento de la mancha urbana en la demarcación de que se trata. Para esto, la Secretaría del Medio Ambiente 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 sobre su recuperación.

Se han recuperado más de 85 mil hectáreas de suelo de conservación y se ha contenido el fraccionamiento, construcción e invasión de predios, 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.

Se han instrumentado Programas de Prevención y Combate de Incendios Forestales, con la finalidad de proteger y conservar los recursos naturales de las 88,442 hectáreas que constituyen el Suelo de Conservación del Distrito Federal.

Respecto a la inversión ambiental para la vigilancia social del suelo del área rural de la ZMVM, se contó con un total de 192 millones de pesos a distribuirse en cinco años, destinados al pago directo de los beneficiarios y propietarios de zonas en buen estado de conservación de bosques, de este monto un máximo de 10 millones será destinado a áreas bajo manejo forestal maderable que se encuentren en recuperación o reposo durante cinco años.

En el Distrito Federal se tienen registradas 15 Áreas Naturales Protegidas, de las cuales 8 son de competencia y administradas por la SMA. En el establecimiento, consolidación, articulación y fortalecimiento del Sistema de Áreas Naturales Protegidas, la Secretaría del Medio Ambiente para conservar el patrimonio natural del Distrito Federal ha constituido diferentes instrumentos de política ambiental con mayor rango jurídico para la conservación de los Recursos Naturales.

En el marco del Programa de Recuperación de Hábitats a través de la plantación de especies adecuadas, se han realizado esfuerzos importantes en materia de reforestación; en 34 núcleos



agrarios, se reforestaron del orden de 21.3 millones de plantas en 14,000 ha., utilizando un total de 30 especies nativas, adecuadas para su establecimiento en el Suelo de Conservación.

El programa de saneamiento y restauración de recursos naturales ha continuado con el diagnóstico de la Zona Chinampera de Tláhuac y Xochimilco (San Gregorio Atlapulco, San Luis Tlaxialtemalco, San Andrés Mixquic y San Juan Ixtayopan) para realizar valoraciones del arbolado afectado por plagas y enfermedades.

Para el control y combate del gusano defoliador (*Malacosoma incurvum* var. *Aztecum*) se realizaron aspersiones sobre 31,889 árboles de ahuejote (*Salix bomplandiana*) utilizando 465 kg de bioinsecticida; además se retiraron 18,981 bolsas de gusano y se recolectaron 153,715 masas de huevecillos.

Se realizó la poda a 13,195 árboles afectados con muérdago verdadero (*Cladocolea loniceroides*). 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.

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), iniciando sus operaciones desde el 2001 para atender las necesidades de empleo temporal de los habitantes rurales. El PIEPS ha sido enfocado a las actividades de producción rural y de conservación, vigilancia y restauración de los recursos naturales. En general atiende a la población en alta y muy alta marginalidad, sin el recurso tierra o que requiere la ayuda para mantenerse trabajando en su parcela o en su bosque. Se han destinado recursos que ascienden a más de 45 millones de pesos; de ellos, se han aplicado 42 millones en apoyo a 959 grupos de trabajo, que generaron 10,205 ayudas de autoempleo.

Fue ejecutado el Programa de Reforestación Rural, donde se logró la reforestación de 7.4 millones de plantas con 29 especies en una superficie de 4,958 ha, distribuidas en áreas nuevas y de reposición. El programa en mención benefició a 32 núcleos agrarios, ubicados en el Suelo de Conservación del Distrito Federal.

## **Control vehicular**

Programa de Verificación Vehicular. Los gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal, a partir de 2001 separaron el programa para que los vehículos sólo pudieran verificar en la entidad donde estuvieran emplacados. El programa se ha estado modernizando para lograr una mayor credibilidad ante la opinión pública, para lo cual se implementó un sistema automatizado para el control de los verificentros que permitirá asegurar la validez y probidad de las pruebas: sistema de información de verificación vehicular (SIVEV). Al respecto, ambos gobiernos han adquirido infraestructura de comunicación y sistemas, además se desarrollaron programas de cómputo para la importación-exportación de datos entre los equipos de verificación vehicular y los gobiernos locales; así como para la detección en tiempo real de las irregularidades, presentes en el proceso de verificación vehicular.

Se promueve la acreditación de los verificentros ubicados en la ZMVM ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), para definir los criterios para calificar a los Centros de Verificación del D.F. y en su caso, los acredite como Unidades Verificadoras de acuerdo a la Ley Federal de Metrología y Normalización.

Programa Integral de Emisiones Contaminantes (PIREC). Se estableció la obligación de sustituir el convertidor catalítico dependiendo de su estado físico, lo cual se comprueba a través de la aplicación de un algoritmo que involucra a las emisiones vehiculares, incorporado al software de los equipos de verificación vehicular. Asimismo, se homologaron las condiciones de eficiencia de los convertidores y se estableció la obligatoriedad de proporcionar un tratamiento ambientalmente adecuado a los convertidores de desecho. Finalmente, se amplió la infraestructura de los talleres PIREC incorporando sistemas computarizados de diagnóstico de problemas mecánicos.

En el Distrito Federal en la actualidad se tienen 35 convenios de autorregulación de vehículos diesel firmados, los cuales integran un parque autorregulado de 5 mil 082 unidades a diesel, de un total de 15 mil vehículos a diesel matriculados en el Distrito Federal. Esta acción representa una reducción de emisiones de aproximadamente 861 toneladas al año de contaminantes criterio.

En la ZMVM se estima que circulan aproximadamente 60 mil unidades convertidas a gas L. P. de las cuales únicamente se tienen registradas 40 mil 169 mismas que cuentan con sistemas de conversión que garantizan bajas emisiones contaminantes. De éstas, 16 mil 566 corresponden a registros realizados ante la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y 23 mil 603 ante la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México.

Respecto a la detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes y unidades sin verificar, la Secretaría conforme al nuevo programa de vehículos contaminantes sancionó en el año 2005 aproximadamente a 35 mil usuarios de vehículos ostensiblemente contaminantes. El objetivo



primordial es detectar un número mayor de vehículos altamente contaminantes y evitar su circulación.

### **Educación ambiental**

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 Zona Metropolitana del Valle de México.

En el marco de este Programa, se celebró en noviembre del 2001 en el Colegio de México, el 1er Encuentro Metropolitano de Educación Ambiental y en noviembre del 2003, en el Estado de México, el 2º Encuentro Metropolitano con esta temática. Estos eventos permitieron la construcción de consensos para la integración de una Agenda Metropolitana, así como la identificación de las estrategias que faciliten la instrumentación de acciones de educación ambiental.

### **Transporte y vialidad**

Fue puesto en operación el Metrobús sobre el corredor de Insurgentes iniciando con 102 autobuses articulados nuevos con capacidad de 160 pasajeros cada uno, con lo que se remplazaron 262 vehículos de la Ruta 2 y 90 de RTP.

La RTP en el transcurso de esta administración renovó en su totalidad su flota vehicular que consta de 1,279 unidades contando ahora con unidades año modelo posterior al 2000 y con tecnología de control de emisiones EPA98, con esta renovación se han logrado reducir alrededor de 1,900 toneladas anuales de contaminantes.

El Gobierno del Distrito Federal encabezado por la Secretaría del Medio Ambiente, la Secretaría de Transportes y Vialidad y la Secretaría de Seguridad Pública, organismos empresariales del sector privado, así como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal, firmaron un acuerdo de participación voluntaria para desarrollar un proyecto piloto, donde el principal objetivo del sector carguero fue el adecuar sus logísticas de entrega de mercancías, dejando de circular en el horario de 7:00 a 9:00 de la mañana. El resultado alcanzado transcurrido un año de implementado el Programa, fue de un 16% de cumplimiento por estos vehículos.

Se firmó entre la Federación, el Gobierno del Estado de México y el Gobierno del Distrito Federal un convenio para impulsar el proyecto del tren suburbano Buenavista-Cuautitlán, que atenderá una demanda inicial de 320 mil pasajeros al día y recorrerá 21 kilómetros a través de tres municipios del Estado de México y dos delegaciones del Distrito Federal. Se iniciaron las obras viales para el confinamiento del tren.

Con el programa de sustitución de taxis se han reemplazado más de 46 mil unidades, de los cuales el Gobierno del Distrito Federal otorgó crédito para 2,807 unidades.

En el programa de sustitución de microbuses se han renovado 3,982, para los cuales se han otorgado 2,089 apoyos para la compra de autobuses nuevos.

Fueron destinados 1.5 millones de euros del Fondo Mundial Francés del Medio Ambiente 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. El desempeño ambiental fue de 13,057 toneladas de CO<sub>2</sub> ahorradas.

En el fomento al mejoramiento de la infraestructura vial metropolitana se terminaron importantes obras viales como el segundo piso, los distribuidores viales de San Antonio, Zaragoza, Heberto Catillo Martínez, Ermita Iztapalapa y Taxqueña; los puentes de Tacubaya y Fray Servando. Además se repavimentaron alrededor de 7.6 millones de metros cuadrados de superficie de rodamiento.

Como una alternativa para desalentar el uso del transporte motorizado se construyeron ocho tramos de ciclovía con una longitud total de 75 kilómetros.

## **Energía**

Con le afán de incrementar la infraestructura para la recarga de gas natural comprimido en la ZMVM, y satisfacer la demanda de la flota vehicular que utiliza este combustible. Entró en operación una nueva estación de servicio de GNC la cual está ubicada en la delegación Álvaro Obregón, por lo que en la ZMVM ya cuenta con 4 estaciones de servicio; dos en el Distrito Federal y dos en el Estado de México.

## **Normatividad**

Fue publicada el 7 de septiembre de 2005 la NOM-042-SEMARNAT-2005, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos.

Se publicó la NOM-086-SEMARNAT-2003. Que regula las especificaciones de los combustibles fósiles.



Con relación al diesel, se publicó la NOM-044-SEMARNAT-2006 el día 12 de octubre de 2006 que establece límites de emisión más estrictos, análogos a los existentes en Estados Unidos (EPA 2004) y EUROPA (EURO IV) para vehículos nuevos.

Quedaron 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.

Con el fin de que el Programa de Contingencias Ambientales mantenga vigencia como un instrumento de gestión ambiental para impulsar acciones en el mejoramiento de la calidad del aire, se modificó el valor de activación de contingencias por ozono y se mantuvo el mismo nivel de activación para las PM<sub>10</sub> ya que se ajustó con los nuevos parámetros que establece la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-2005) publicada el 26 de septiembre de 2005.

El Comité de Normalización Ambiental del Distrito Federal publicó las normas ambientales locales NADF-008-AMBT-2006 que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar, la NADF-005-AMBT-2006 que establece las condiciones de medición y límites máximos permisibles de emisiones sonoras.

## **Financiamiento**

Se obtuvieron por parte del Fideicomiso Ambiental del Valle de México (FIDAM), 1.2 millones de pesos para impulsar el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de las emisiones del sector industrial al medio ambiente, estos recursos permitieron dotar de equipo de cómputo a las autoridades ambientales del gobierno federal y de los gobiernos locales del Estado de México y del Distrito Federal. Actualmente en las dos entidades se cuenta con un sistema de captura de las emisiones correspondientes a este registro.

Con el objeto de actualizar la información relativa a los factores que inciden en la contaminación del aire por fuentes móviles en la Zona Metropolitana del Valle de México; se realizó el estudio para generar una base de información que permita establecer programas de mejoramiento de la administración del tránsito mediante el aforo de tránsito vehicular en 30 estaciones maestras en las principales vías de circulación continua como el Periférico, Circuito Interior, Viaducto, Calzada de Tlalpan entre otros.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, con recursos aprobados por el Fideicomiso Ambiental terminó el "Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México", sus objetivos generales fueron obtener y analizar el esquema de movilidad, la infraestructura, el equipamiento y la oferta y demanda del transporte de carga en la ZMVM para

establecer un conjunto de estrategias y acciones que contribuyan a minimizar los costos ambientales, económicos y sociales del transporte de carga.

Se concluyó con el diagnóstico para el “Financiamiento e instrumentación integral de 47 medidas del programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (ProAire)”, entregando su informe final en el mes de noviembre del 2004, en él, se identificaron las fuentes de financiamiento de las medidas.

Se está llevando a cabo el Proyecto de Elaboración de Políticas y Estrategias para la Comunicación Orientadas al Mejoramiento de la Calidad el Aire en la ZMVM, por el Dr. Mario Molina y su grupo de investigadores.

### **Salud ambiental**

Fueron gestionados recursos financieros ante el Fideicomiso Ambiental del Valle de México, para que se realizara a través de la Secretaría de Salud el estudio sobre la “Vigilancia, Evaluación y Comunicación del Impacto de la Contaminación Atmosférica en la Salud de la Población de la Zona Metropolitana del Valle de México”.

En el marco del Comité de Normalización de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS-SSA), se participó en la revisión y actualización de las normas oficiales mexicanas de calidad del aire (Ozono, Material Particulado y Bióxido de azufre) para la protección a la salud de la población.

La Secretaría propuso el proyecto de norma “NADF-009-AIRE- 2006”, la cual fue publicada para recibir comentarios el 19 de julio del 2006 en la Gaceta Oficial de Distrito Federal, en ellas se establecen los lineamientos para la obtención, el uso y la comunicación de riesgos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). Esta norma se encuentra en la etapa final de publicación, una vez que han sido incorporados los comentarios recibidos.

Se instaló la red de monitoreo para partículas PM2.5 con 15 estaciones de medición.

### **Investigación**

Con recursos del mismo FIDAM, el Dr. Mario Molina y su grupo de investigadores realizaron los estudios “Diseño de una Estrategia de Gestión de la Calidad del aire en el Valle de México 2001-2010” y la segunda etapa “Desarrollo de Información Científica y Sistematización de Metodologías de Evaluación Integrada de Políticas y Opciones para el Mejoramiento de la Calidad del Aire”.

En Diciembre del 2005 el Centro Molina empezó a trabajar en la nueva Campaña de investigación sobre la caracterización de los contaminantes atmosféricos en las capas superiores de la



Atmósfera del Valle de México (Proyecto Milagro). La campaña Milagro dio inicio durante la primavera del 2006 y se realizaron mediciones sobre los contaminantes del aire en sitios dentro y fuera del Valle de México, con la participación de numerosos científicos mexicanos y extranjeros provenientes de más de 30 instituciones.

El Centro Nacional de Capacitación Ambiental (CENICA) en coordinación con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal desarrolló un proyecto de monitoreo de 55 Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMVM, esto fue posible a través de recursos aprobados por el Fondo Ambiental del Distrito Federal.

Finalmente, las medidas implementadas por el Gobierno del Distrito Federal que han contribuido a la reducción de emisiones en la ZMVM son: la modernización del programa de verificación vehicular, la modernización del PIREC, la construcción de vialidades, sustitución y modernización de la flota de taxis, la sustitución de microbuses, la modernización de las unidades del la Red de Transporte de Pasajeros, la construcción y puesta en operación del Metrobús, el programa de autorregulación de vehículos a diesel, la actualización del programa Hoy No Circula, la recuperación de vapores en estaciones de servicio, la reducción de fugas de gas L. P., la regulación de las 300 industrias más contaminantes, el programa ostensiblemente contaminante, entre otras, como se puede observar en la Tabla 5.4.3.

**Tabla 5.4.3 Acciones relevantes del ProAire 2002-2010 y su contribución a la reducción de emisiones contaminantes**

| Medida   | Unidad de medida  | Cantidad  | Reducción de todos los contaminantes [ton/año] |
|--|---|-----------|--|
| Sustitución de convertidores catalíticos.  | Convertidores sustituidos   | 204,488   | 95,478   |
| Modernización del Programa de Verificación Vehicular.  | No. de vehículos verificados semestralmente   | 2,400,000 | 75,000   |
| Construcción del segundo piso del periférico y otras vialidades y distribuidores.                    | Cálculo por disminución de combustible asociado a la reducción de tiempo de recorrido |           | 107,147  |
| Renovación de taxis.   | No. de vehículos renovados  | 46,807    | 69,917   |
| Actualización del programa Hoy No circula.   | No. de vehículos que dejan de circular un día a la semana                             | 52,000    | 21,850   |
| Recuperación de vapores en estaciones de servicio  | No. de estaciones de servicio   | 515       | 13,760   |
| Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad. | No. de vehículos renovados  | 3,982     | 19,461   |
| Corredor Insurgentes (Metrobús).   | Reducción estudio ambiental   |           | 11,096   |
| Programa Ostensiblemente Contaminante.   | No. de vehículos sancionados  | 11,288    | 11,362   |
| Programa de reducción de emisiones en las 300 industrias más emisoras.                               | Industrias reguladas  | 49        | 2,263  |
| Combustibles alternos.   | No. de vehículos a gas LP   | 18,893    | 11,807   |
|  | No. de vehículos a GNC  | 949       | 256  |
| Programa de autorregulación de unidades a diesel.  | No. de vehículos autorregulados   | 4,751     | 854  |
| Renovación del transporte público operado por RTP.   | No. de vehículos renovadas  | 1,279     | 1,898  |
| Reducción de fugas de gas LP.  | No. de tanques renovados  | 3,060,000 | 101  |
| Reducción total estimada   |   |           | <b>442,250</b>                                 |

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México  
2002-2010

La Tabla 5.4.4 muestra un resumen del estatus de cada una de las medidas del ProAire 2002-2010 organizadas por tema.

**Tabla 5.4.4 Avance general de las medidas implementadas en el ProAire 2002-2010**

| NÚMERO                        | MEDIDA  | AVANCE |    |   |    |   | OBSERVACIONES   |
|-------------------------------|---|--------|----|---|----|---|---|
|                               |   | T      | AS | I | NI | C |   |
| <b>Vehículos y Transporte</b> |   |        |    |   |    |   |   |
| 1                             | Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina.  | •      |    |   |    |   | Se publicó la NOM-042-SEMARNAT-2003.  |
| 2                             | Reducción del contenido de azufre en la gasolina a 50 ppm.  |        | •  |   |    |   | La NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, publicada el 30 de enero del 2006, indica que la gasolina PEMEX Premium en octubre del 2006 tendrá un contenido de azufre promedio de 30 ppm y la gasolina Magna tendrá este valor hasta octubre del 2008. |
| 3                             | Mejoramiento continuo del programa de verificación vehicular obligatoria.   |        | •  |   |    |   | Se concluyó el SIVEV en el D.F. y se está modernizando el equipo de verificación.   |
| 4                             | Modernización y actualización del programa hoy no circula como incentivo para la renovación de la flota vehicular.  | •      |    |   |    |   | A finales del 2004 se modernizó el Programa Hoy No Circula.   |
| 5                             | Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes.   | •      |    |   |    |   | En el segundo semestre del 2002 se modernizó este programa.   |
| 6                             | Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (RETROFIT).   |        |    |   |    | • | Se realizó un estudio para evaluar la aplicación de esta medida, resultando con un bajo costo-beneficio.  |
| 7                             | Rediseño del programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes y unidades sin verificar.  |        | •  |   |    |   | En el D.F. se concesionó este programa a partir del 2005.   |
| 8                             | Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad.  |        | •  |   |    |   | Se han renovado a la fecha cerca de 46,807 taxis.   |
| 9                             | Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad.  |        | •  |   |    |   | Se han sustituido 3,982 microbuses.   |
| 10                            | Establecimiento de disposiciones normativas y mecanismos de control para evitar la introducción de vehículos importados fuera de especificaciones ambientales.      |        |    |   |    | • | El Gobierno Federal autorizó la importación de vehículos extranjeros sin considerar esta medida.  |
| 11                            | Diseño e instrumentación de un programa de prueba de aditivos y dispositivos anticontaminantes incluyendo un protocolo de pruebas y procedimientos administrativos. |        |    |   | •  |   | Las solicitudes de evaluación de aditivos y sistemas para el control de emisiones se envían para su evaluación al IMP.  |
| 12                            | Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel.  |        | •  |   |    |   | El 12 de octubre del 2006 se publicó la NOM-044-SEMARNAT-2006, Que establece los nuevos límites de emisión.   |
| 13                            | Reducción del contenido de azufre en el diesel.   |        | •  |   |    |   | El 30 de enero del 2006, se publicó la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 que indica que el diesel que se distribuya en la ZMVM en enero del 2009 tendrá un contenido de azufre promedio de 15 ppm.   |
| 14                            | Actualización del programa de verificación de vehículos a diesel a nivel federal y homologación con los Estados Unidos de América y Canadá.                         |        | •  |   |    |   | En el 2005, el grupo de trabajo que se instituyó para la revisión de esta medida firmó el anteproyecto para modificar la NOM 045-ECOL-1996 para la verificación. Se encuentra como Proyecto que se publicó el 3 de julio del 2006.              |

T.- Terminada; NI.- No Iniciada; AS.- Avance Significativo; I.-iniciada; C.- Cancelada.



Continúa Tabla 5.4.4

|    |   |   |   |  |   |  |
|----|---|---|---|--|---|--|
| 15 | Instrumentar un programa de sustitución de motores y trenes motrices de vehículos a diesel y/o retroadaptación de sistemas de control de emisiones. |   | • |  |   | Con apoyo de la EPA se realizó una evaluación de trampas de partículas y convertidores oxidativos en vehículos de la RTP.          |
| 16 | Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel.   | • |   |  |   | Se continúa promoviendo este programa en la ZMVM.  |
| 17 | Diseño, evaluación y/o ejecución de proyectos piloto demostrativos.   | • |   |  |   | Se probaron varias tecnologías vehiculares en el corredor Insurgentes.   |
| 18 | Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (GNC).   | • |   |  |   | Se construyeron dos nuevas estaciones, una en el Estado de México y una en el D.F.   |
| 19 | Introducción de vehículos eléctricos e híbridos.  |   | • |  |   | A partir del 2006, Honda introduce al mercado mexicano un vehículo híbrido eléctrico-gasolina.                                     |
| 20 | Establecimiento de corredores de transporte.  |   | • |  |   | Se estableció el corredor Insurgentes para la circulación del Metrobús.  |
| 21 | Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado.  |   |   |  | • | No se promovió en forma directa, se ha renovando la flota debido a las promociones de las armadoras para adquirir unidades nuevas. |
| 22 | Renovación de autobuses de la red de transporte de pasajeros (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE).                                  | • |   |  |   | A la fecha todas las unidades de la RTP cuentan con tecnología EPA 98.   |
| 23 | Renovación de la flota de transporte de carga local.  |   |   |  | • | Se ha estado renovando la flota en forma particular. Además la federación inició un programa de renovación.                        |
| 24 | Regulación del horario de circulación para los vehículos de carga.  |   | • |  |   | A partir de marzo del 2005, se inició un programa piloto voluntario, el cual está en su etapa final de evaluación.                 |
| 25 | Expansión del Metro.  |   |   |  | • |  |
| 26 | Establecimiento de una red de trenes suburbanos.  |   |   |  | • | Fue licitado el proyecto del tren suburbano que entrará en operación en 2008 entre Lindavista y Huehuetoca.                        |
| 27 | Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero.   |   |   |  | • |  |
| 28 | Localización de taxis en bases.   |   |   |  | • | Las Delegaciones Miguel Hidalgo y Benito Juárez implementaron este programa.   |
| 29 | Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM.  |   |   |  | • | Se desarrollaron los estudios para el establecimiento de los corredores de transporte de pasajeros en la Av. Insurgentes y Eje 8.  |
| 30 | Fomento del uso de combustibles alternativos en vehículos del sistema de transporte público de pasajeros.   |   |   |  | • | Se promovió el programa en el transporte de pasajeros en el Estado de México (microbuses por autobuses nuevos).                    |
| 31 | Implantación del registro estatal del transporte público.   | • |   |  |   | Esta acción fue realizada para el transporte del Estado de México.   |
| 32 | Programa integral para el transporte público de carga.  |   | • |  |   | Con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la UNAM, se elaboró el estudio para el transporte de carga.                            |
| 33 | Promoción de rutas directas o Express, locales y metropolitanas.  |   | • |  |   | Se han realizado adecuación de varias rutas en algunas zonas del D.F.  |
| 34 | Modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano.  |   | • |  |   | Se instalaron más de 1,200 semáforos inteligentes en el D.F.   |
| 35 | Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM.  |   |   |  | • | Este programa se realiza en pocas colonias de las zonas periféricas.   |
| 36 | Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM.  |   | • |  |   | Se construyó el Circuito Exterior Mexiquense, conectando la autopista de Texcoco con la de Querétaro.                              |
| 37 | Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana.  |   | • |  |   | Se construyó el segundo piso, los puentes de Tarango, los distribuidores viales de San Antonio y Heberto Castillo.                 |
| 38 | Gestión y coordinación para mejorar la construcción y modernización de los paraderos de la ZMVM.  |   |   |  | • | Se modernizaron los paraderos de Indios Verdes y La Paz.   |

T.- Terminada; NI.- No Iniciada; AS.- Avance Significativo; I.-iniciada; C.- Cancelada.

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México  
2002-2010

Continúa Tabla 5.4.4

| <b>Industria</b>                              |   |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|---|--|
| 1   | Reconversión energética en la industria.  |   |   | • |   | Algunas industrias han cambiado de combustibles líquidos a gaseosos.   |
| 2   | Control de emisiones de contaminantes en el sector industrial.  |   | • |   |   | En el D.F. se estableció el programa para reducción de emisiones en las 300 industrias más emisoras.   |
| 3   | Instrumentación de programas de producción más limpia.  |   |   | • |   | Se promovió el programa a través del IPN con algunas empresas del D.F.   |
| 4   | Consolidación del sistema integrado de regulación de la industria (SIRG).   |   | • |   |   | En el D.F. se estableció la Licencia Ambiental Única para las industrias de jurisdicción local.  |
| 5   | Fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria.  |   | • |   |   | Se promueven en las entidades este programa. En el D.F. son 13 las autorreguladas.   |
| 6   | Fortalecer las actividades de inspección y vigilancia en la industria.  |   | • |   |   | Se han intensificado las acciones de vigilancia en la ZMVM, sobre todo en la época invernal.   |
| 7   | Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM.  |   |   | • |   | La CFE repotenció la unidad 4 de la termoeléctrica Valle de México y en la termoeléctrica Jorge Luque se instalaron quemadores de bajo NOx.  |
| <b>Servicios</b>                              |   |   |   |   |   |  |
| 1   | Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco.   |   |   | • |   | Se ha trabajado con la Cámara que agrupa este sector para reducir sus emisiones, mediante sistemas cerrados o lavado en seco.  |
| 2   | Mecanismos de autorregulación y mejoramiento de la gestión ambiental en pequeños y medianos establecimientos.                         |   | • |   |   | En el D.F. se desreguló a los pequeños establecimientos.   |
| 3   | Capacitación en prácticas eficientes de combustión en establecimientos comerciales y de servicios que cuenten con calderas.           |   |   |   | • |  |
| 4   | Reducción de emisiones por fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM.  |   |   | • |   | A través de la PROFECO se sustituyeron todos los cilindros deteriorados.   |
| 5   | Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio.                                     |   | • |   |   | Se ha mantenido la vigilancia del sistema de recuperación de vapores en las estaciones de servicio.  |
| 6   | Regulación de las actividades de extracción en bancos de materiales pétreos no consolidados.  | • |   |   |   | El Gobierno del Estado de México reguló todos los bancos de materiales, emitiendo la normatividad en la materia.   |
| 7   | Lineamientos del uso de combustibles y la operación de hornos artesanales para la fabricación de tabique.                             | • |   |   |   | El Gobierno del Estado de México emitió la norma para regular esta actividad.  |
| 8   | Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles.  |   | • |   |   | El D.F. emitió la norma local para el uso de energía solar en el calentamiento de agua de establecimientos de servicios.   |
| 9   | Promover y desarrollar instrumentos económicos de fomento ambiental para los establecimientos industriales y de servicios en la ZMVM. |   |   | • |   | Se promovieron instrumentos económicos para el sector industrial en el D.F., mediante la exención al pago del Impuesto Predial y 50% de descuento en el pago del impuesto local de nómina. |
| <b>Conservación de los Recursos Naturales</b> |   |   |   |   |   |  |
| 1   | Instrumentación de programas de ordenamiento ecológico.   | • |   |   |   | Se realizaron los ordenamientos ecológicos para el Ajusco, Popocatepetl, Magdalena Contreras y Topilejo.   |
| 2   | Refuerzo de los instrumentos legales en materia de uso del suelo.   |   | • |   |   | Se aprobó el reglamento de la Ley Ambiental del D.F. en materia de Ordenamiento Ecológico.   |
| 3   | Control y ordenamiento de los asentamientos humanos.  |   | • |   |   | Se identificaron 849 asentamientos irregulares.  |
| 4   | Contención del crecimiento de la mancha urbana en el área rural de la ZMVM.   |   | • |   |   | Se ha evitado el crecimiento de la mancha urbana mediante operativos de desmantelamiento.  |

T.- Terminada; NI.- No Iniciada; AS.- Avance Significativo; I.-iniciada; C.- Cancelada.



Continúa Tabla 5.4.4

|                               |   |   |   |   |  |  |  |
|-------------------------------|---|---|---|---|--|--|--|
| 5                             | Proteger, inspeccionar y vigilar los recursos naturales.  |   | • |   |  |  | Se han realizado operativos para la recuperación administrativa del suelo de conservación.                                       |
| 6                             | Mejorar la prevención y combate de incendios forestales.  |   | • |   |  |  | Se han combatido los incendios forestales en forma eficiente, alrededor de 800 cada año.   |
| 7                             | Inversión ambiental para la vigilancia social del suelo del área rural de la ZMVM, mediante el pago compensatorio por servicios ambientales.      |   | • |   |  |  | Existe un programa de pago de estímulos por la conservación y el uso del suelo (Focomdes).                                       |
| 8                             | Monitoreo del estado de conservación de los recursos naturales en la ZMVM.  |   | • |   |  |  | Se cuenta con un programa para la conservación de los recursos naturales.  |
| 9                             | Manejo de áreas naturales protegidas.   |   | • |   |  |  | Se cuenta con los programas de manejo de las Áreas Naturales Protegidas ubicadas en el D.F. y en el Estado de México.            |
| 10                            | Programa de recuperación de hábitat a través de la plantación de especies adecuadas.  |   | • |   |  |  | Se realizó un programa de reforestación de especies nativas.   |
| 11                            | Saneamiento y restauración de recursos naturales.   |   | • |   |  |  | Se vigila y combate constantemente la aparición de plagas y enfermedades en la vegetación de la ZMVM.                            |
| 12                            | Recuperación, restauración, conservación y ampliación de las áreas verdes urbanas de la ZMVM.   |   | • |   |  |  | Se reforesta y rehabilita las áreas verdes y parques urbanos de la ZMVM  |
| 13                            | Programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable. |   | • |   |  |  | Se promovieron con recursos de inversión pública los programas integrales de empleo productivo y sustentable.                    |
| 14                            | Proyecto de conservación ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México.  |   | • |   |  |  | Se han beneficiado los núcleos agrarios ubicados en el suelo de conservación.  |
| 15                            | Programa de recuperación de suelos erosionados en la cuenca oriental del Valle de México.   |   | • |   |  |  | Con recursos del FIDAM se han instrumentado programas para mitigar la erosión.   |
| <b>Protección de la Salud</b> |   |   |   |   |  |  |  |
| 1                             | Modernización y actualización del programa de contingencias ambientales atmosféricas (PCAA).  | • |   |   |  |  | Fueron modificados los niveles de activación de las contingencias ambientales.   |
| 2                             | Medidas particulares para reducir la exposición de la población a la contaminación del aire.  |   | • |   |  |  | Se elaboraron medidas de protección a la contaminación ante situaciones de emergencia ambiental y se actualizaron los del IMECA. |
| 3                             | Percepción social y comunicación de riesgos.  |   |   | • |  |  | Se desarrolló un programa de evaluación de la percepción social que tienen los habitantes de la ZMVM ante la contaminación.      |
| 4                             | Actualización de la evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud.   |   |   | • |  |  | Se realiza un proyecto de monitoreo personalizado para la vigilancia y evaluación del costo en la salud.                         |
| 5                             | Vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica.   |   | • |   |  |  | La COFEPRIS realiza en forma continua la vigilancia epidemiológica.  |
| 6                             | Creación y revisión de normas de calidad del aire.  |   | • |   |  |  | Fue publicada la modificación a las NOM-020-SSA1-1993 y la NOM-025-SSA1-1993.  |
| 7                             | Investigación de efectos de la contaminación atmosférica en la salud en la ZMVM.  |   | • |   |  |  | En conjunto con el INSP, se investiga cuales son los daños y efectos sobre la salud derivada de los niveles de contaminación.    |
| 8                             | Efectos en la salud asociados con fuentes puntuales de emisión de contaminantes.  |   | • |   |  |  | Se realizan estudios para evaluar los efectos en la salud en habitantes que viven cerca de algunas fuentes puntuales.            |

T.- Terminada; NI.- No Iniciada; AS.- Avance Significativo; I.-iniciada; C.- Cancelada.

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México  
2002-2010

Continúa Tabla 5.4.4

| Educación Ambiental           |   |   |  |  |   |   |
|-------------------------------|---|---|--|--|---|---|
| 1                             | Subprograma de educación ambiental formal.  | • |  |  |   | Las autoridades ambientales en conjunto con la SEP establecieron programas de educación ambiental en las escuelas de la ZMVM.   |
| 2                             | Subprograma de educación ambiental no formal.   | • |  |  |   | Se realizó una campaña en medios masivos en pro del mejoramiento de la calidad del aire.  |
| 3                             | Subprograma de información, formación y capacitación ambiental.   | • |  |  |   | Se instrumentaron campañas de comunicación educativa para incidir en los hábitos de la población ante riesgos ambientales.  |
| 4                             | Subprograma de comunicación y difusión educativa ambiental.   | • |  |  |   | Se realizó un programa de difusión de la contaminación ambiental a través de los medios masivos de comunicación.  |
| Fortalecimiento Institucional |   |   |  |  |   |   |
| 1                             | Elaborar la caracterización y diagnóstico de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, ubicados en la ZMVM.    | • |  |  |   | La SMA terminó el diagnóstico industrial de la ZMVM.  |
| 2                             | Integración de un comité metropolitano de evaluación y seguimiento de nuevas tecnologías para el control de emisiones atmosféricas. |   |  |  | • |   |
| 3                             | Elaborar los reglamentos de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles.                            | • |  |  |   | Se cuenta con un anteproyecto de reglamento para el D.F. en revisión por el área jurídica.  |
| 4                             | Actualización del inventario de emisiones.  | • |  |  |   | El inventario de emisiones se actualiza cada dos años. El más reciente corresponde al 2004. Se preparó un primer inventario de emisiones de Tóxicos del aire.   |
| 5                             | Reactivación del fideicomiso ambiental del Valle de México.   |   |  |  | • | No se tiene respuesta por parte de la Secretaría de Hacienda.   |
| 6                             | Modernización de la red automática de monitoreo atmosférico.  | • |  |  |   | Se instaló la red de PM <sub>2.5</sub> y se implementó un sistema de control y aseguramiento de calidad. Se sustituyeron los sistemas de adquisición de datos. La red fue auditada en 2 ocasiones por la EPA de los EUA.  |
| 7                             | Fortalecimiento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes en la ZMVM.  | • |  |  |   | Se cuenta con el registro en las dos entidades federativas.   |
| 8                             | Investigación de la calidad del aire en el Valle de México 2002-2010.   | • |  |  |   | Se concluyeron las dos fases del estudio Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en la ZMVM, y actualmente se realizan el proyecto MILAGRO y Elaboración de Políticas y Estrategias de Comunicación Orientadas al Mejoramiento de la Calidad del Aire. La SMA desarrolla en conjunto con el CENICA un estudio anual de tóxicos en el aire de la ZMVM. |

T.- Terminada; NI.- No Iniciada; AS.- Avance Significativo; I.-iniciada; C.- Cancelada.

## 5.5 Cronología de los Programas para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 1986-1996

Este apartado tiene como objetivo presentar de manera cronológica las principales acciones realizadas en los últimos veinte años para mejorar la calidad del aire, de acuerdo al proceso de formulación de los ProAires y sus principales elementos.



Tabla 5.5.1 Acciones para reducir la concentración de contaminantes en la ZMVM 1986-2006

| Programa   | Año   | Acción   |
|--|---|--|
| 21 Medidas   | 1986  | <b>Decreto del 14 de febrero que establece las 21 medidas para controlar la contaminación ambiental.</b>   |
|  |   | Se fomentó el uso de gas natural en el sector industrial y las termoeléctricas.  |
|  |   | Inicia el registro de sistemático de los niveles de contaminación, con la instalación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico.   |
| 100 Acciones   | 1987  | <b>Se da a conocer el Programa "100 acciones necesarias contra la contaminación".</b>  |
|  |   | Inició la sustitución gradual de combustóleo por gas natural en las termoeléctricas del Valle de México.   |
|  |   | Incremento de 161.3 km en el transporte eléctrico.   |
|  | 1988  | Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.  |
| 1989   | Inicia el Programa obligatorio de verificación vehicular utilizando BAR-84.<br>Surgió el Programa Un Día sin Auto.                  |  |
| PICCA  | 1990  | <b>Se instrumenta el programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (PICCA).</b>  |
|  |   | Se sustituye la gasolina Extra Plus por la PEMEX Magna Sin.  |
|  |   | Inicia el Programa "Hoy No Circula" con carácter de obligatorio.   |
|  |   | Se reubicó la industria altamente contaminante (fundidoras) fuera de la ZMVM.  |
|  | 1991  | Se introduce al comercio, automóviles con convertidor catalítico de dos vías, lo cual requirió la distribución de gasolina Magna Sin.  |
|  |   | Se cerró la Refinería "18 de Marzo".   |
|  |   | El combustóleo pesado 3.8% azufre, es sustituido por combustóleo ligero con 3% de azufre.<br>Inicia la sustitución del diesel #2 de 2% de azufre, por diesel nacional de 1% de azufre.                               |
|  | 1992  | <b>En 1992, se creó la Comisión para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.</b>  |
|  |   | Las termoeléctricas consumen al 100% gas natural.  |
|  |   | En todas las gasolinas se fijaron valores máximos en volumen de contenido de aromáticos (30%), olefinas (15%) y benceno (2%) y se estableció un nuevo rango de PVR de 6.5-8.5 psi en lugar de 7-9.5.                 |
|  |   | Inicia el programa de control de emisiones industriales para reducir las emisiones de HC y NOx.<br>Inicia el programa de uso de Gas LP.  |
|  | 1993  | Se llevó a cabo la instalación de equipo anticontaminante en 3,500 unidades utilizadas para el transporte de pasajeros (Ex Ruta 100).  |
|  |   | Se incorpora el convertidor catalítico de tres vías en todos los vehículos nuevos, junto con los sistemas de inyección de combustible.   |
| Modernización del programa de verificación vehicular, con la introducción de equipo BAR 90.<br>El diesel desulfurado de 0.5% de azufre es sustituido por PEMEX diesel de 0.05% de azufre y el diesel nacional de 1% de azufre es sustituido por diesel industrial de 0.5% de azufre. |   |  |
| 1994   | Entra en vigor la NOM 085 y 086, que establece los límites de emisión permisibles en la industria y la calidad de los combustibles. |  |
|  | Como medida para la temporada invernal se reducen los límites máximos de aromáticos, olefinas, benceno en las gasolinas sin plomo.  |  |
| ProAire I  | 1995  | PEMEX Refinación incorporó sistemas de recuperación de vapores (fase 0), en 4 terminales de distribución y almacenamiento de gasolina.   |
|  |   | El combustóleo ligero de 3% de azufre es sustituido por gasóleo industrial de 2% de azufre.  |
|  | 1996  | <b>Se creó la Comisión Ambiental Metropolitana.</b>  |
|  |   | <b>Se publicó el "Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000".</b>  |
|  |   | En la termoeléctrica Valle de México se modificó el diseño del sistema de aire y gases en la combustión de los generadores de vapor.   |
|  |   | Se modifica el Programa Hoy No Circula, introduciendo los hologramas 0, 1 y 2.   |
|  |   | Se aplicó una nueva regulación a las gasolinas, limitando de manera importante: la presión de vapor, el contenido de olefinas, aromáticos, benceno y azufre, para lo cual PEMEX introdujo la gasolina PEMEX Premium. |
|  | 1997  | Se concluyó la instalación de Sistemas de Recuperación de Vapores en tanques de almacenamiento y descarga de combustibles (Fase 0 y 1).  |
|  |   | Introducción de transporte eléctrico dedicado a la distribución de refrescos y alimentos perecederos en el primer cuadro de la Ciudad de México.   |
|  |   | PEMEX puso a la venta la nueva gasolina PEMEX Magna Reformulada menos reactiva, que sustituyó a la PEMEX Magna.  |
|  |   | Se moderniza el Programa de Verificación Vehicular con la introducción de equipo BAR 97, iniciando la medición de NOx.   |
|  |   | El diesel industrial de 0.5% de azufre es sustituido por el diesel industrial de bajo contenido de azufre de 0.05% de azufre.  |
|  |   | PEMEX deja de distribuir la gasolina NOVA en la ZMVM.  |

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México  
2002-2010

Continúa Tabla 5.5.1

|  |      |   |
|--|------|---|
| ProAire I  | 1998 | Se consolida la instalación de sistemas de recuperación de vapores en las gasolineras.  |
|  |      | Entró en vigor para el sector industrial la aplicación de la segunda etapa de los límites de emisión de la NOM- 085-ECOL-1994, los cuales son más estrictos.  |
|  |      | Inicia el programa piloto de Gas Natural Comprimido (GNC) para vehículos de pasajeros y de carga de la ZMVM.  |
|  |      | Se modifica el Programa Hoy No Circula, introduciendo el holograma doble cero.  |
|  | 1999 | El contenido de azufre del combustible industrial que se distribuye en la ZMVM es menor del 1%  |
|  |      | El GDF hizo entrega de 100 nuevos autobuses que se incorporarán al transporte público de pasajeros.   |
|  |      | Inicia el Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes (PIREC), para sustituir los convertidores catalíticos.  |
|  | 2000 | Se pone en funcionamiento la línea B del Sistema de Transporte Colectivo (METRO), en el tramo de Buena Vista a Villa de Aragón.   |
|  |      | El Gobierno Francés otorgó recursos al D.F., para que 860 microbuses (año-modelo 1992 y 1993) del transporte público usaran GNC.  |
|  | 2001 | Se amplió el sistema de trolebuses de la Ciudad de México con 200 nuevas unidades.  |
|  |      | Se pone en funcionamiento el segundo tramo de la línea B del Sistema de Transporte Colectivo (METRO), que va de Continentes a Ciudad Azteca.  |
|  |      | En el D.F. se adquieren 1,033 unidades vehiculares de uso intensivo que utilizan gas natural.   |
| El GDF compró 881 autobuses, que se incorporaron a la Red de Transporte Público de Pasajeros y retiró de la circulación 361 autobuses viejos.  |      |   |
| ProAire II   | 2002 | Se separó el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria para que los vehículos se verificaran en la entidad donde fueron emplacados.  |
|  |      | <b>Se dio a conocer el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.</b>  |
|  |      | Se inicia la renovación de la flota vehicular de taxis y sustitución de microbuses.   |
|  | 2003 | Se modificó el esquema operativo del programa de sustitución de convertidores catalíticos (PIREC).  |
|  |      | Se terminó de construir el distribuidor vial de San Antonio.  |
|  |      | Se construyeron 4 puentes vehiculares que forman parte del Eje troncal Metropolitano el cuál correrá desde Ermita Iztapalapa hasta Ciudad Azteca. Los cuatro puentes incluyen los puentes Lorenzo Boturini, Fray Servando, Avenida del Taller y el distribuidor vial Zaragoza.                                  |
|  |      | Fue terminada la ciclopista, que es la primera de una serie de proyectos que están diseñados para recuperar el espacio comunitario, ya que favorece la interconexión con distintos medios de transporte, así como la integración paisajística, económica y social de la ciudad a lo largo de sus 75 kilómetros. |
|  | 2004 | Se actualizó el Programa Hoy No Circula, haciendo más estrictos los criterios de exención, por ejemplo se restringe la circulación a las unidades a gasolina de uso particular que tengan más de 10 años de antigüedad.   |
|  |      | Más del 70% de los autobuses de la RTP fueron renovados en los últimos cuatro años. Este año se adquirieron 100 unidades nuevas más.  |
|  |      | Se terminaron los cambios al software de verificación con el objeto de evitar la manipulación de los motores por parte de los preverificadores y para identificar convertidores catalíticos en mal estado.  |
|  |      | <b>Fue totalmente implantado el Sistema de Verificación Vehicular (SIVEV) en el D.F.</b>  |
|  | 2005 | <b>Se inauguró la red de monitoreo de partículas menores a 2.5 micrómetros PM<sub>2.5</sub>.</b>  |
| <b>Se construyó el corredor confinado para el transporte de pasajeros sobre la vialidad de Insurgentes (Metrobús).</b>   |      |   |
| Se sustituyeron en todas las líneas de verificación, parte de los sistemas de análisis de gases contaminantes, para incluir mecanismos de seguridad.   |      |   |
| Se publicó la NOM 042 para asegurar que los vehículos nuevos que se comercialicen en México presenten niveles de emisión hasta 4 veces más bajos a los actuales, equivalentes a las normas de EUA (TIER 2) y Europeas (EURO IV).                               |      |   |
| Convenio voluntario entre las autoridades del GDF y Federal, y el sector privado para promover que el transporte de carga se abstenga de manera voluntaria, ingresar al D.F. en un horario de 7:00 a 9:00 hrs. de lunes a viernes.                             |      |   |
| Se inauguró 1 nueva estación de distribución de GNC en la delegación Álvaro Obregón, contando actualmente con 4 estaciones, 2 en el Distrito Federal y 2 en el Estado de México.   |      |   |
| Se inició el proyecto de regulación de las 300 industrias más contaminantes en el Distrito Federal   |      |   |
| Finalizó la renovación de los autobuses de la RTP, donde el 100% de los vehículos actuales son unidades con tecnología anticontaminante disponible en el país.   |      |   |
| <b>Con apoyo de la EPA se realizó el Proyecto Piloto de RETROFIT en autobuses de la RTP, los resultados mostraron una reducción de más del 90% en las emisiones de partículas utilizando filtros de partículas y diesel de ultra bajo contenido de azufre.</b> |      |   |



Continúa Tabla 5.5.1

|            |      |   |
|------------|------|---|
| ProAire II | 2006 | Se Inauguró la segunda etapa del Segundo piso sobre Periférico.   |
|            |      | Se inauguró el distribuidor vial Ermita Iztapalapa – Eje vial 3 Oriente.  |
|            |      | <b>Se publicó la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI. Que establece que en la ZMVM a partir de octubre del 2006 se suministrará gasolina Premium de 30 ppm de azufre y a partir de julio del 2009 la gasolina Magna de 30 ppm de azufre; por lo que respecta al diesel de 15 ppm este se suministrará a partir de diciembre del 2009.</b>   |
|            |      | Se publicó la Norma NADF-008-AMBT-2005, para el aprovechamiento de la energía solar.  |
|            |      | Hasta el momento se han exentado 49 industrias de jurisdicción local, que cumplen con los límites establecidos en el PCAA ó que han reducido sus emisiones en más de un 30% sobre su línea base.  |
|            |      | Se realizaron las mediciones de emisiones de la campaña sobre la caracterización de los contaminantes atmosféricos en la ZMVM (campaña Milagro).  |
|            |      | Se han sustituido cerca del 99% de los cilindros de distribución de gas LP en la ZMVM.  |
|            |      | Hasta este año se han renovado cerca de 47 mil taxis y 4,000 microbuses.  |
|            |      | <b>Se ajustaron los niveles IMECA de aplicación del Programa de Contingencias Ambientales por ozono disminuyéndolo en fase de precontingencia de 200 a 170 puntos, la contingencia Fase I de 240 a 200 puntos del IMECA y la Fase II de 300 a 250 puntos IMECA y se modifican las medidas en las fases de precontingencia y contingencia por ozono ya que los vehículos de otras entidades no podrán circular en estas Fases si no cuentan con el holograma “0” o “00”.</b> |
|            |      | <b>Se acuerda modificar el Convenio de Creación de la CAM y se propone una presidencia conjunta.</b>  |
|            |      | La SMA del D.F. publicó el Proyecto de norma PROY-NADF-009-AIRE-2006, que establece los requisitos para elaborar el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).  |

## VI. EL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México es el instrumento de gestión ambiental encargado de llevar a cabo la vigilancia continua de la dinámica de la contaminación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México con el propósito de informar oportunamente a la población con el fin de que tome decisiones de protección de la salud.

### 6.1 Antecedentes de monitoreo atmosférico en la ZMVM<sup>1</sup>

El antecedente del monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de México por instituciones de gobierno, data de agosto de 1967, con la puesta en servicio de la Red Panamericana de Muestreo Normalizado que operó en todo el territorio Mexicano. Dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se instalaron cuatro estaciones manuales para determinar polvo sedimentable y su acidez.

En 1971 el Poder Legislativo emitió la "Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental" con el fin de incorporar a la administración pública la vigilancia y la protección del medio ambiente. En ese mismo año se emitió el Reglamento de la Ley y en enero de 1972 fue creada la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente dentro de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, mientras que la red de monitoreo ya contaba con 14 estaciones manuales para muestreo de alto volumen de partículas suspendidas totales. Con la creación de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente y dentro del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, se adquirieron 48 estaciones de monitoreo, de las cuales 22 quedaron instaladas en la Zona Metropolitana del Valle de México. Estas estaciones contaban con muestreadores de alto volumen para la determinación de partículas suspendidas totales y burbujeadores de gases para la determinación de dióxido de azufre y formaldehído.

En 1973 se inicia la transformación del sistema de mediciones manuales por mediciones automáticas continuas y en tiempo real, con recepción de datos en una base de control central. La instalación concluyó en 1974 y se denominó Red Computarizada Automática de Monitoreo Atmosférico. Las estaciones podían medir las concentraciones de los contaminantes criterio y parámetros meteorológicos de dirección y velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad

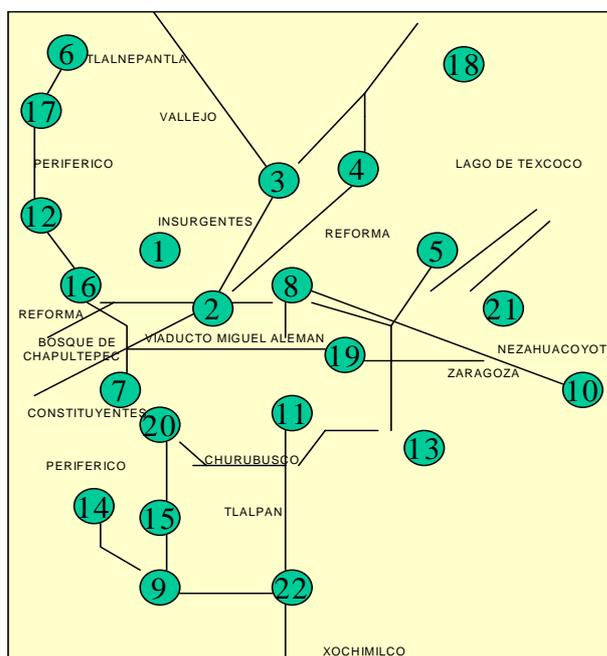
---

<sup>1</sup> Elaborado con base en las siguientes referencias: Castillejos S. Margarita. "Algo de Historia sobre la Red de Monitoreo Automática del Distrito Federal". Foro de Monitoreo Atmosférico y Taller de Gestión Ambiental del Aire. GDF-SMA. Ciudad de México, 19 al 21 de abril de 2006, Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación del Valle de México (CMPCCAVM). "Red Automática de Monitoreo Atmosférico" Dirección General de Ecología, DDF. 1992,1994 y 1995, GDF. (1996)." Introducción al diseño de redes de monitoreo atmosférico". Apuntes del curso teórico, GDF-INEGI-SMA, 2002, "Estadísticas del Medio Ambiente en el Distrito federal y Zona Metropolitana", Martínez A. P. y Romieu I., "Introducción al Monitoreo Atmosférico", OPS, GTZ y DDF, México, 1997, Sánchez J. R. Pablo. Tesis de licenciatura: "Importancia de la Evaluación de la Calidad del Aire por Ozono en la Zona Suroeste de la Ciudad de México", FC-UNAM, 1999, SEDUE. "La Contaminación Atmosférica en el Valle de México", México, 1988, SEDUE-FUNDACIÓN FRIEDICH EBERT, (1987). "Primer Seminario Internacional sobre administración de la Calidad del Aire", Metepec, Puebla, 2 al 6 de noviembre, SEDESOL, "Boletín Informativo de la Calidad del Aire", Ciudad de México, Octubre 1986 – Abril 1992,CAM (GDF, SEMARNAT, SSA, GEM). 2002. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002 – 2010, Quadri de la T., G. y Sánchez C., L.R. 1992. La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica. Ed. Limusa. Distrito Federal, México.



relativa. Sin embargo, la información generada no fue del todo confiable. Este sistema operó hasta el año de 1980, fecha en que las autoridades decidieron remplazarlo por uno más moderno y confiable, con mayores ventajas y facilidades para su operación.

En el año de 1984 comenzó la integración de la *Red Automática de Monitoreo Atmosférico* (RAMA) de la ZMVM, que quedó terminada e inició su operación en octubre de 1986. A partir de esta fecha se tiene una base de datos consistente y confiable.



**Figura 6.1.1 Localización de las estaciones de monitoreo en 1973**

En 1991 se acordó proceder con la ampliación y reforzamiento de la RAMA debido al crecimiento de la mancha urbana y a la necesidad de un mejor conocimiento de la calidad del aire. Para lograr esto, en 1992 se amplió la cobertura de la red de 25 a 32 estaciones remotas, se integró una unidad móvil, un *sodar* y un *radar* meteorológico, se aumentaron el número de analizadores de contaminantes gaseosos y se instalaron analizadores automáticos de partículas suspendidas fracción respirable ( $PM_{10}$ ), también se instaló un medio de transmisión de datos redundante para aumentar la disponibilidad de información.

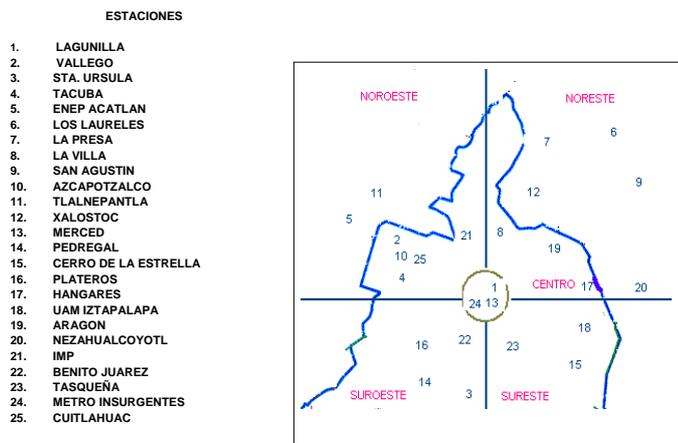


Figura 6.1.2 Cobertura espacial de la Red de Monitoreo Atmosférico en 1986

En enero de 1993 la RAMA se transfirió al entonces Departamento del Distrito Federal y actualmente se encuentra dentro de la Dirección General de Gestión Ambiental del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.

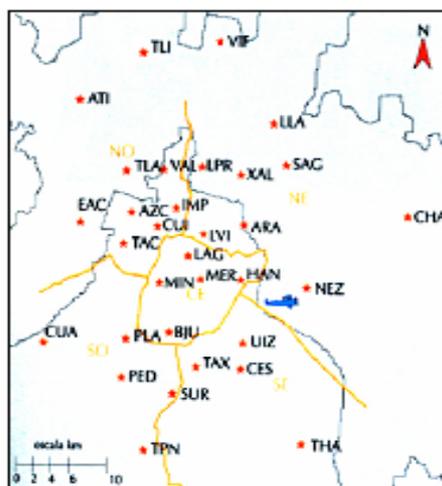


Figura 6.1.3 Cobertura espacial de la Red de Monitoreo Atmosférico en 1992

## 6.2 Integración y cobertura del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM

En diciembre del año 2000 la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, inició la integración del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT), con la finalidad de unificar los esfuerzos destinados a la medición de contaminantes atmosféricos y parámetros meteorológicos. Uno de los aspectos centrales de esta iniciativa fue evaluar los procedimientos para el monitoreo, adquisición, transmisión, validación y difusión de la información,



por lo cual se inició un plan de mejora continua basado en los Sistemas de Gestión de la Calidad - Norma ISO 9001-2000.

La operación de los equipos de monitoreo del SIMAT se realiza conforme a los procedimientos que establecen las Normas Oficiales Mexicanas y, a falta de éstas, los lineamientos de la Agencia de Protección Ambiental de los EUA (USEPA). Se cuenta con un programa preventivo y correctivo que opera diariamente, mediante el cual es posible garantizar la correcta operación de los equipos y la confiabilidad de sus registros. También se ha dispuesto un programa de auditorías externas e internas como una herramienta administrativa y técnica para evaluar la efectividad de las actividades realizadas en la operación de los instrumentos y equipos, que provea las bases para establecer acciones correctivas cuando se descubren deficiencias en cualquiera de las etapas del monitoreo.

Es importante señalar que en junio del año 2001 el SIMAT concluyó la operación de los 2 equipos que registraban H<sub>2</sub>S. Algunos aspectos pendientes de revisar en el desempeño de las estaciones de la RAMA fueron la calibración, instalación y adquisición de datos, y la reubicación de algunas estaciones. También está pendiente la operación del equipo SODAR para la obtención de registros de viento en un perfil vertical.

En febrero de 2005 se dismanteló la estación de monitoreo Benito Juárez debido a la construcción de un edificio a un lado de la misma. Los equipos de esta estación sirvieron para reforzar la instrumentación de la estación Coyoacán. En junio de 2006 se dismanteló la estación Hangares debido a las obras de ampliación del aeropuerto internacional de la Ciudad de México. También en junio se instalaron equipos de medición en las instalaciones del Liceo Franco Mexicano en la colonia Chapultepec Morales, D. F.

Operativamente el SIMAT está integrado por un Centro de Operaciones de Campo, un Centro de Información Ambiental y un Centro de Desarrollo y Soporte de Sistemas. El Centro de Operaciones de Campo comprende los siguientes subsistemas: la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, la Red Manual de Monitoreo, la Red de Depósito Atmosférico, la Red de Meteorología y los laboratorios de Estándares y Calibración, y de Mantenimiento.

Al mes de julio de 2006, el SIMAT cuenta con un total 47 estaciones de monitoreo, 35 ubicadas en el Distrito Federal y 12 en el Estado de México; en total concentra 183 equipos automáticos y 39 equipos manuales, estos últimos 23 son para partículas y 16 para el depósito atmosférico.

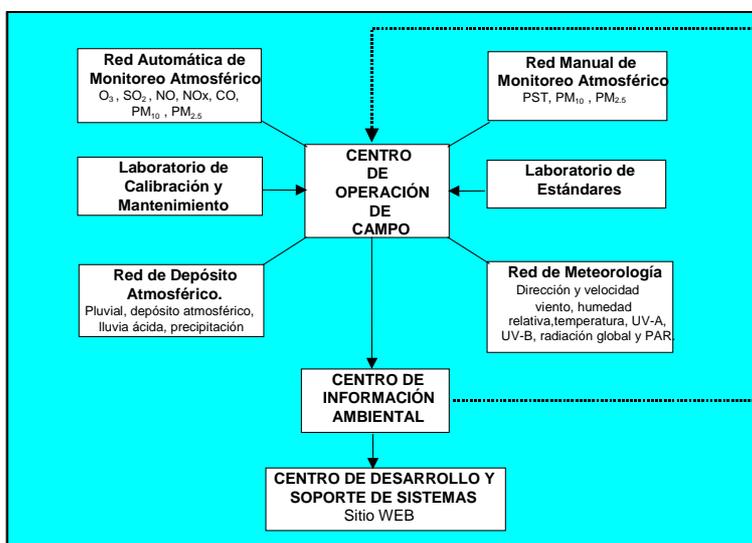


Figura 6.2.1 Integración operativa del SIMAT

### Red automática de monitoreo atmosférico (RAMA)

Inició su operación en el año de 1986; actualmente cuenta con 33 estaciones de monitoreo en operación equipadas con equipo automático para la determinación continua de los contaminantes criterio: ozono, bióxido de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas suspendidas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ .

La información que genera la RAMA se emplea para evaluar el cumplimiento de las normas federales para la protección de la salud pública, en la generación del *Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA)* como vigilancia continua de la calidad del aire, como medida de la efectividad de las acciones de prevención y control de los programas de mejoramiento de la calidad del aire y como insumo para los investigadores, estudiantes, y público en general. El IMECA se presenta cada hora a los medios de difusión vía fax y correo electrónico, en la página electrónica de la Secretaría del Medio Ambiente ([www.sma.df.gob.mx](http://www.sma.df.gob.mx)) y en el servicio IMECATEL (5278 9931).



Figura 6.2.2 Monitores automáticos



### Red manual de monitoreo atmosférico (REDMA)

Recolecta muestras de 24 horas cada seis días con muestreadores de referencia de alto volumen de partículas suspendidas totales (PST) en seis sitios, diez sitios para el muestreo de partículas suspendidas menores a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ) y siete sitios para el muestreo de partículas suspendidas menores a 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ), con muestreadores de referencia de bajo volumen. Del análisis de las muestras se determinan metales pesados, entre ellos el plomo, así como sulfatos y nitratos y la concentración de partículas. Los análisis gravimétricos de la Red Manual se emplean para determinar el cumplimiento de la normatividad de salud de partículas en suspensión.



Muestreadores manuales de alto volumen de PST  $PM_{10}$



Muestreador de bajo volumen de  $PM_{2.5}$



Monitor automático de atenuación beta



Monitor automático de microbalanza oscilante

**Figura 6.2.3 Muestreadores y monitores para partículas**

### Red meteorológica (REDMET)

Cuenta con 17 torres meteorológicas equipadas cada una con un sensor para temperatura, humedad relativa, presión barométrica y dirección y velocidad del viento. Siete torres cuentan con sensores de radiación ultravioleta (UV-A y UV-B), tres con radiación global y dos con radiación fotosintéticamente activa. Con esta red se determina *el Índice de Radiación Ultravioleta*, que se difunde cada hora a los medios de difusión vía fax y correo electrónico, y en la página electrónica de la Secretaría del Medio Ambiente. Los sensores están conectados al sistema de adquisición de datos de la RAMA y los datos que aportan se transmiten y registran cada minuto.



**Figura 6.2.4 Torre meteorológica de superficie**

**Red de depósito atmosférico (REDDA)**

Cuenta con 16 sitios en la Ciudad de México y su zona conurbada para el muestreo del depósito seco (materia sedimentable) y el depósito húmedo (precipitación pluvial). La REDDA se conoce también como Red de Lluvia Ácida; a las muestras colectadas se les determina: acidez, conductividad, nitratos, sulfatos, cloruros, sodio, calcio, magnesio, potasio y metales pesados.



**Figura 6.2.5 Muestreador de depósito atmosférico**

**Laboratorio de transferencia de estándares.** En el año 2005 el SIMAT concluyó la integración de este laboratorio que permite aplicar estándares primarios para la certificación de los estándares de transferencia. En la certificación se emplea un esquema de 6 x 6 (6 verificaciones no continuas con 6 puntos de calibración). El laboratorio cuenta con un estándar primario de  $O_3$  verificado en 2006 contra el estándar de referencia de la Región 6 de la USEPA. Para  $CO$ ,  $NO_2$  y  $SO_2$ , se usa un estándar secundario que cuenta con mezclas trazables del NIST (National Institute of Standards and Technology) que se actualizan anualmente (Retama H. A., 2006). También se cuenta con estándares primarios de flujo, presión barométrica, temperatura ambiente, dirección y velocidad del viento.



**Laboratorio de gravimetría.** En el año 2005 el SIMAT puso en marcha un laboratorio de pesado, con control de temperatura ambiente y humedad relativa para el acondicionamiento de las muestras de partículas colectadas que son pesadas en una báscula electrónica con sensibilidad de 1 microgramo.

**Determinación de metales pesados en los filtros de la REDMA.** Actualmente se analizan anualmente por estación de muestreo, cerca de 61 muestras de cada tipo de partículas (PST, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), correspondientes a un muestreo cada 6 días. En el laboratorio de análisis ambientales se llevan a cabo la exploración de los filtros para la determinación de metales pesados, entre ellos el plomo que cuenta con una Norma de Salud, mediante espectrometría de emisión atómica. La determinación de nitratos, sulfatos, aniones y cationes en las muestras de filtros se implantará con la técnica de cromatografía líquida.

**Unidad móvil de monitoreo atmosférico.** El SIMAT cuenta con una Unidad Móvil de Monitoreo Atmosférico equipada para el monitoreo continuo de los contaminantes criterio que se emplea en el desarrollo de proyectos de investigación y campañas especiales. Entre las instituciones apoyadas recientemente por la unidad móvil destacan: Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Centro Mario Molina y el Gobierno del Estado de México.

El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México posee una imagen gráfica autorizada que se muestra a continuación:



**Figura.6.2.6 Logotipo del SIMAT**

El logotipo del SIMAT es una representación de un ave en vuelo tomada de un sello prehispánico encontrado en el Distrito Federal (Jorge Enciso, 1953). Esta es una referencia a un aire limpio como soporte de la vida y como un recurso de sustentabilidad del futuro de la Ciudad.

El Sistema de Monitoreo Atmosférico

**Tabla 6.2.1 Estaciones e Instrumentación del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (Septiembre 2006)**

| Entidad   | Clave | Estación                          | RAMA  |                 |                 |    |                  | REDMET            |     |    |     |     |    |      | REDMA |      |     | REDDA |                  |                   |
|---|-------|-----------------------------------|---|-----------------|-----------------|----|------------------|-------------------|-----|----|-----|-----|----|------|-------|------|-----|-------|------------------|-------------------|
|   |       |                                   | O <sub>3</sub>  | NO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | TMP | HR | WDR | WSP | PA | R-UV | R-G   | R-FA | PST |       | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> |
| DF  | ARA   | Aragón                            |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | ATI   | Atizapán                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | AZC   | Azcapotzalco                      |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | BJU   | Benito Juárez                     |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | CAM   | Camarones                         |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | CES   | Cerro de la Estrella              |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | TEC   | Cerro del Tepeyac                 |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | CHA   | Chapingo                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | COR   | Corena                            |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | COY   | Coyoacán                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | CUA   | Cuajimalpa                        |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | CUI   | Cuicuilam                         |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | DIC   | Diconsa                           |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | EAJ   | Ecoguardas Ajusco                 |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | EAC   | Enep Acatlán                      |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | EDL   | Exconvento Desierto de los Leones |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | HAN   | Hangares                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | IMP   | Instituto Mexicano del Petróleo   |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | LAA   | Laboratorio de Análisis Ambiental |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | PER   | La Perla                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | LPR   | La Presa                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | LVI   | La Villa                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | LAG   | Lagunilla                         |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | IBM   | Legaría                           |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | LFM   | Liceo Franco-Mexicano             |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | LOM   | Lomas                             |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | LLA   | Los Laureles                      |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | MER   | Merced                            |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | MIN   | Metro Insurgentes                 |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | MPA   | Milpa Alta                        |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | MCM   | Museo de la Ciudad de México      |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | NET   | Nezahualcoyotl                    |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | NTS   | Nezahualcoyotl Sur                |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | PAR   | Parres                            |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | PED   | Pedregal                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | PLA   | Plateros                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | SAG   | San Agustín                       |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | SJA   | San Juan de Aragón                |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | SNT   | San Nicolás Totolapan             |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | SUR   | Santa Úrsula                      |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | SHA   | Secretaría de Hacienda            |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | TAC   | Tacuba                            |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | TAX   | Taxqueña                          |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | TAH   | Tláhuac                           |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | TLA   | Tlalnepantla                      |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | TPN   | Tlalpan                           |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | TLI   | Tultitlán                         |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | UIZ   | UAM Iztapalapa                    |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| DF  | VAL   | Vallejo                           |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | VIF   | Villa de las Flores               |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| Edomex  | XAL   | Xalostloc                         |   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
| <b>Total de estaciones históricas</b>   |       |                                   | 51  | 37              |                 |    |                  |                   | 18  |    |     |     |    |      |       | 13   |     |       | 16               |                   |
| <b>Total de estaciones en operación</b>   |       |                                   | 47  | 33              |                 |    |                  |                   | 17  |    |     |     |    |      |       | 12   |     |       | 16               |                   |
| <b>Equipos en operación y en etapa de prueba</b>                                    |       |                                   | 20  | 18              | 23              | 18 | 14               | 8                 | 17  | 17 | 17  | 17  | 2  | 7    | 3     | 2    | 6   | 10    | 7                | 16                |
|  |       |                                   | Equipo en operación   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
|  |       |                                   | Estación fuera de operación                                 |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
|  |       |                                   | Equipo fuera de operación como parte del rediseño del SIMAT |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |
|  |       |                                   | Equipo en etapa de prueba                                   |                 |                 |    |                  |                   |     |    |     |     |    |      |       |      |     |       |                  |                   |

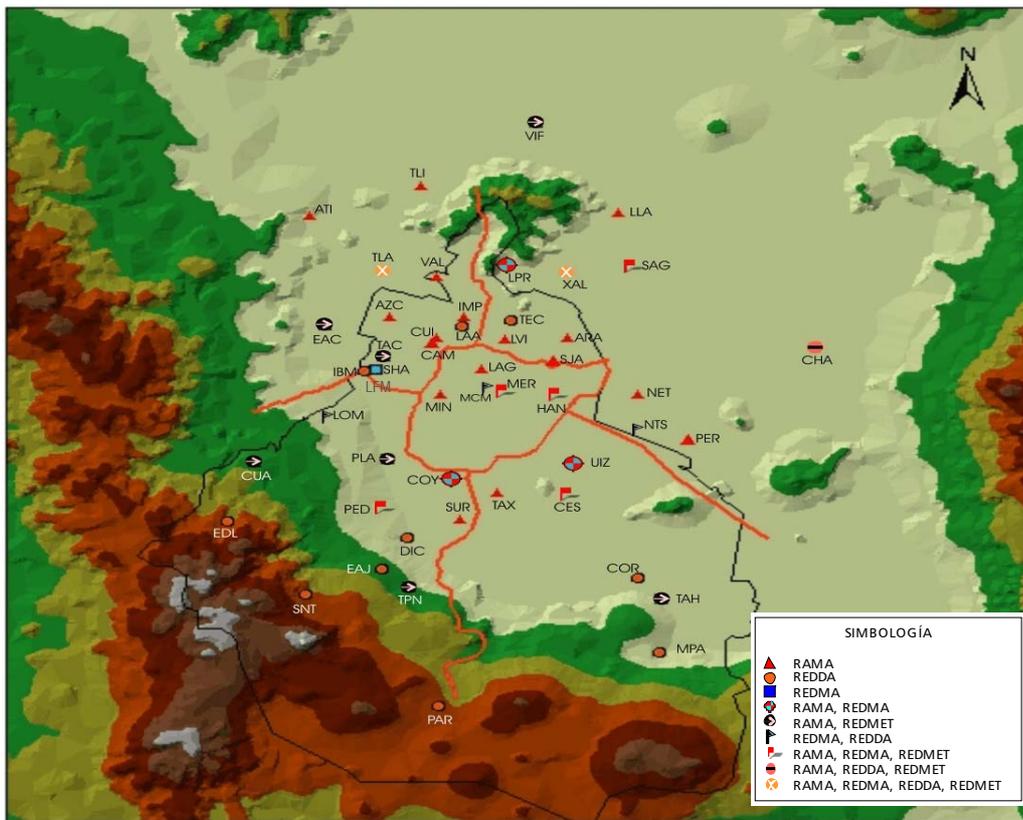


Figura 6.2.7 Cobertura espacial del Sistema de Monitoreo Atmosférico en 2006

Tabla 6.2.2 Estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico

| Zona                  | Estación                   | Ubicación | Clave |
|-----------------------|----------------------------|-----------|-------|
| NOROESTE              | Vallejo                    | D. F.     | VAL   |
|                       | Tacuba                     | D. F.     | TAC   |
|                       | Enep Acatlán               | Edo. Mex. | EAC   |
|                       | Azcapotzalco               | D. F.     | AZC   |
|                       | Tlalnepantla               | Edo. Mex. | TLA   |
|                       | Inst. Mex. del Petróleo    | D. F.     | IMP   |
|                       | Tultitlán                  | Edo. Mex. | TLI   |
|                       | Atizapán                   | Edo. Mex. | ATI   |
|                       | Legaria                    | D. F.     | IBM   |
|                       | Lab. de Análisis Ambiental | D. F.     | LAA   |
|                       | Secretaría de Hacienda     | D. F.     | SHA   |
|                       | Camarones                  | D. F.     | CAM   |
|                       | Cuicláhuac                 | D. F.     | CUI   |
| Liceo Franco Mexicano | D. F.                      | LFM       |       |
| NORESTE               | Los Laureles               | Edo. Mex. | LLA   |
|                       | La Presa                   | Edo. Mex. | LPR   |
|                       | La Villa                   | D. F.     | LVI   |
|                       | San Agustín                | Edo. Mex. | SAG   |
|                       | Xalostoc                   | Edo. Mex. | XAL   |
|                       | Aragón                     | D. F.     | ARA   |
|                       | Netzahualcōyotl            | Edo. Mex. | NET   |
|                       | Villa de las Flores        | Edo. Mex. | VIF   |
|                       | Chapingo                   | Edo. Mex. | CHA   |
|                       | Netzahualcōyotl Sur        | Edo. Mex. | NTS   |
|                       | Cerro del Tepeyac          | D. F.     | TEC   |
|                       | San Juan de Aragón         | D. F.     | SJA   |
|                       | La Perla                   | Edo. Mex. | PER   |

| Zona   | Estación               | Ubicación | Clave |
|--------|------------------------|-----------|-------|
| CENTRO | Laguilla               | D. F.     | LAG   |
|        | Merced                 | D. F.     | MER   |
|        | Hangares               | D. F.     | HAN   |
|        | Insurgentes            | D. F.     | MIN   |
|        | Museo de la Cd. México | D. F.     | MCM   |

| Zona                  | Estación                | Ubicación | Clave |
|-----------------------|-------------------------|-----------|-------|
| SUROESTE              | Santa Úrsula            | D. F.     | SUR   |
|                       | Pedregal                | D. F.     | PED   |
|                       | Plateros                | D. F.     | PLA   |
|                       | Cuajimalpa              | D. F.     | CUA   |
|                       | Tlalpan                 | D. F.     | TPN   |
|                       | Lomas                   | D. F.     | LOM   |
|                       | Diconsa                 | D. F.     | DIC   |
|                       | Ecoguardas Ajusco       | D. F.     | EAJ   |
|                       | Exconv. Desierto Leones | D. F.     | EDL   |
|                       | Parres                  | D. F.     | PAR   |
| San Nicolás Totolapan | D. F.                   | SNT       |       |
| Coyoacán              | D. F.                   | COY       |       |

| Zona    | Estación             | Ubicación | Clave |
|---------|----------------------|-----------|-------|
| SURESTE | Cerro de la Estrella | D. F.     | CES   |
|         | UAM Iztapalapa       | D. F.     | UIZ   |
|         | Taxqueña             | D. F.     | TAX   |
|         | Tláhuac              | D. F.     | TAH   |
|         | CORENA               | D. F.     | COR   |
|         | Milpa Alta           | D. F.     | MPA   |

## Principios de operación de los equipos del SIMAT

El SIMAT observa los principios de operación establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas y a falta de éstas, las del Código de Regulaciones Federales de los EUA referentes a la protección del medio ambiente. Los métodos se señalan en las Tablas 6.2.3 a 6.2.7.

**Tabla 6.2.3 Principios de operación de los equipos de la RAMA**

| Contaminante      | Principio de Operación  | Número de equipos |
|-------------------|---|-------------------|
| O <sub>3</sub>    | Fotometría ultravioleta   | 20                |
| NO <sub>2</sub>   | Quimiluminiscencia  | 18                |
| SO <sub>2</sub>   | Fluorescencia pulsante  | 23                |
| CO                | Espectroscopia no dispersiva por correlación de filtro gaseoso    | 18                |
| PM <sub>10</sub>  | Microbalanza de oscilación (TEOM)                                 | 14                |
| PM <sub>2.5</sub> | Atenuación de radiación beta (BAM) y balanza de oscilación (TEOM) | 8                 |

**Tabla 6.2.4 Principios de operación de los equipos de la REDMET**

| Parámetro            | Principio de Operación       | Número de equipos |
|----------------------|------------------------------|-------------------|
| WSP                  | Anemómetro convencional      | 17                |
| WDR                  | Veleta convencional          | 17                |
| TMP                  | Termistor                    | 17                |
| HR                   | Capacitor                    | 17                |
| Radiación solar UV-B | Radiómetro                   | 7                 |
| Presión barométrica  | Transductor de estado sólido | 2                 |

**Tabla 6.2.5 Principios de operación de los equipos de la REDMA y método para la determinación de metales pesados**

| Parámetro   | Principio / Método         | Número de equipos |
|---|----------------------------|-------------------|
| PST   | Alto volumen / gravimetría | 5                 |
| PM <sub>10</sub>  | Alto volumen / gravimetría | 10                |
| PM <sub>2.5</sub>   | Alto volumen / gravimetría | 7                 |
| Sulfatos y Nitratos                                       | Química Húmeda             |                   |
| Plomo, Cadmio, Cobre, Fierro, Vanadio, Manganeso y Níquel | Absorción Atómica          |                   |

**Tabla 6.2.6 Técnicas para determinar parámetros obtenidos de las muestras de la REDDA**

| Depósito Húmedo (16 equipos)           |  |   |
|--|--|---|
| Parámetro                              | Técnica de Análisis                                  |   |
| Volumen                                | Volumétrica  |   |
| Potencial hidrógeno (pH)               | Electrométrico                                       |   |
| Conductancia específica                | Conductímetro digital                                |   |
| Acidez                                 | Titulación   |   |
| Alcalinidad                            | Titulación   |   |
| Aniones (sulfatos, nitratos, cloruros) | Cromatografía de líquidos                            |   |
| Cationes                               | Amonio   | Electrodo selectivo de amoniaco                                       |
|  | Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio                     | Espectrofotometría de Absorción Atómica de Flama                      |
|  | Metales pesados: Cadmio, Cobre, Fierro, Plomo y Zinc | Espectrofotometría de Absorción Atómica con horno de grafito acoplado |

**Tabla 6.2.7 Técnicas para determinar parámetros obtenidos de las muestras de la REDDA**

| Depósito Seco (16 equipos)   |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Parámetro  | Técnica de Análisis                  |
| Bario, Potasio, Calcio, Hierro, Manganeso, Plomo, Selenio, Titanio, Zinc | Barrido por fluorescencia de rayos X |

En la presente administración se integró en forma un almacén de refacciones y consumibles para la operación del Sistema de Monitoreo Atmosférico. Se pretende que el almacén contenga lo mínimo indispensable para mantener operando al menos un año los equipos de campo. El almacén cuenta con un sistema automatizado de registro de entradas y salidas y materiales en existencia, así como la documentación pertinente para el control de los bienes.

### Evaluación de representatividad de las estaciones del SIMAT

Al momento de integrar el SIMAT, una de las necesidades primordiales que se consideraron fue evaluar la representatividad espacial<sup>2</sup> de sus estaciones de monitoreo, debido a que algunas tenían más de 20 años en operación y se desconocía la situación de su entorno físico.

Este tipo de diagnósticos es recomendado por la USEPA y la Organización Mundial de la Salud (OMS), con el propósito de modificar, suprimir, re-localizar o establecer nuevas estaciones (EPA, 1998; WHO, 1980). De esta forma se diseñó un protocolo para evaluar el entorno físico y la representación espacial de cada estación, con base en criterios definidos a partir del Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR, por sus siglas en inglés).

Este trabajo se realizó en el año 2001 y se presentan algunos resultados a continuación. La recomendación es llevar a cabo este tipo de evaluaciones cada 2 años, debido a los cambios físicos que se presentan en el entorno de las estaciones de monitoreo y al crecimiento de la mancha urbana.

La evaluación de las estaciones Taxqueña (TAX) y Metro Insurgentes (MIN), indica que ambas están bien ubicadas físicamente, sin embargo su escala de representación espacial es "MICRO", por lo que se califican como "no cumple" con los propósitos del SIMAT y se recomienda ampliar los objetivos de este sistema para evaluar exposición directa de las personas por medio de este tipo de estaciones.

En las estaciones Benito Juárez (BJU), Cuitláhuac (CUI) y Hangares (HAN) se ha modificado el entorno físico, de tal forma que presentan obstáculos que inciden en la obtención de los registros y que no pueden modificarse o retirarse. Por esta razón se califican como "no cumple" y se recomienda que dejen de operar o reubicarse si fuera necesario.

<sup>2</sup> La representatividad es la medida en la que un dato describe las características de su población, en función de los procesos de emisión y las características ambientales de la región.

## Adquisición, transmisión y validación de registros

En el SIMAT se llevan a cabo tareas para la adquisición, transmisión y validación de los registros de contaminantes y parámetros meteorológicos obtenidos *in situ*. Las actividades que se realizan en este subproceso también son parte de un plan de mejora continua, lo que permite garantizar su almacenaje y la identificación de fallas en la operación de los equipos, así como su concentración y almacenaje.

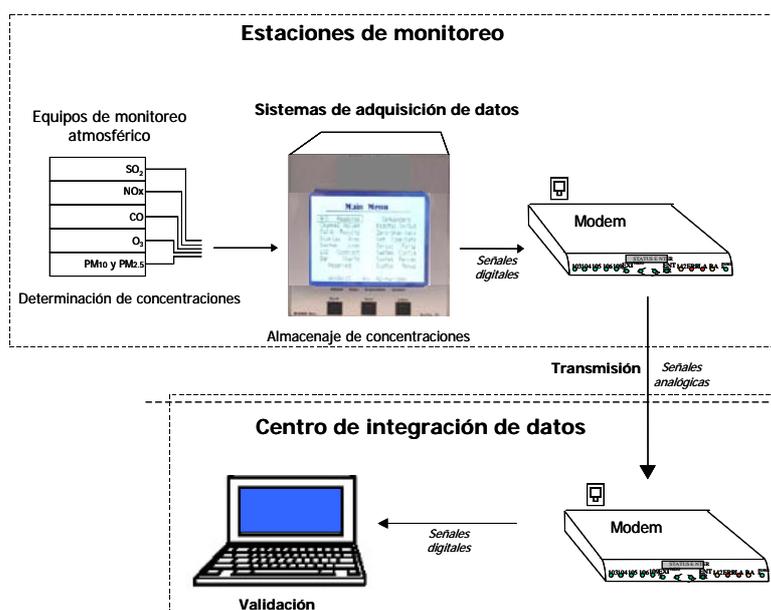


Figura 6.2.9 Subproceso de adquisición y transmisión de registros del SIMAT

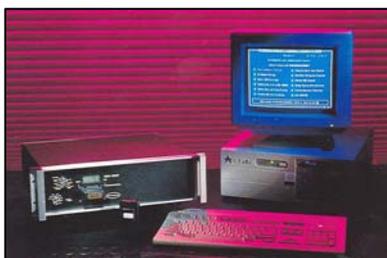
## Adquisición y transmisión de registros

Los registros de contaminantes atmosféricos y parámetros meteorológicos que se obtienen en el SIMAT, se almacenan temporalmente en un sistema de adquisición de datos y se transmiten posteriormente a un centro de integración. En el SIMAT se utilizan tres tipos de sistemas de adquisición de datos que se complementan para la adquisición de registros, estos son:

- Sistema de adquisición de datos basado en PC. Este es el primer sistema que se utilizó para adquirir los registros de gases y parámetros meteorológicos. Emplea un software instalado a una computadora personal que permite observar los registros en forma gráfica y realizar conversiones. La transmisión de registros al centro de integración se realiza de manera automática cada minuto por medio de una línea telefónica privada.
- Sistema de adquisición de datos ODESSA DSM 3260 AQM. Este sistema que se instaló en 1992 emplea un software que permite una comunicación bidireccional con una computadora



personal. Este sistema realiza cálculos, promedios horarios, promedios móviles, etc. La transmisión de registros a un centro de integración se realiza de forma manual a través de una línea telefónica privada y se emplea cuando no hay comunicación por medio de los sistemas automáticos.



**Figura 6.2.10 Sistema de adquisición de datos Odessa**

- c) Sistema de adquisición de datos CPP – H2NS. Conforme a lo establecido en el ProAire 2002- 2010 en relación a la modernización del Sistema de Monitoreo Atmosférico, el SIMAT ha incorporado gradualmente sistemas de adquisición de datos de última generación marca H2NS, modelo CPP, los cuales permiten diagnosticar remotamente las fallas de operación de los equipos conectados o su configuración, y asigna una amplia variedad de etiquetas que facilitan el diagnóstico de su operación. El H2NS permite almacenar temporalmente los registros y transmitirlos a un centro de integración cada minuto. Su instalación se inició en agosto del año 2003 y concluyó en enero de 2005.



**Figura 6.2.11 Sistema de adquisición de datos H2NS**

La transmisión de datos desde las estaciones remotas de monitoreo al centro de control del SIMAT se lleva a cabo mediante un sistema redundante consistente en una línea telefónica privada y otra conmutada, cada una conectada a un modem y éste al puerto de comunicaciones correspondiente del mismo sistema de adquisición de datos H2NS.

## **Validación de Datos**

Este subproceso es el paso previo para que los registros que genera el SIMAT sean públicos. Su correcta operación depende del conocimiento del sistema de administración de registros de contaminantes y parámetros meteorológicos que se transmiten de las estaciones de monitoreo al centro de integración.

## **Evaluación de redundancia de los registros del SIMAT**

Una de las necesidades consideradas prioritarias al integrar el SIMAT fue evaluar la redundancia<sup>3</sup> en las mediciones de algunos contaminantes, sobre todo aquellos que presentan concentraciones bajas y que se consideran bajo control. Este tipo de iniciativa garantiza la eficiencia de una red de monitoreo en términos de la representatividad de los registros que obtiene y evitar gastos innecesarios de operación y mantenimiento.

En una etapa preliminar el SIMAT llevó a cabo la evaluación de redundancia de los registros de CO y SO<sub>2</sub>. En junio del año 2006 se llevaron a cabo las recomendaciones para CO y se retiraron de operación los equipos de las estaciones Azcapotzalco (AZC), Cerro de la Estrella (CES), Aragón (ARA) y Atizapán (ATI), y aún está pendiente la instrumentación de recomendaciones de SO<sub>2</sub>. Este tipo de evaluación debe realizarse continuamente, sobre todo ante la pertinencia de proporcionar información representativa y abatir costos.

## **Site de Cómputo del SIMAT**

Se localiza en las instalaciones de la Dirección de Monitoreo Atmosférico y alberga el servidor de bases de datos que recibe cada minuto una actualización de las concentraciones medidas por las estaciones remotas de la RAMA. Con el propósito de aprovechar la infraestructura del site con aire acondicionado, en este lugar se tienen también las puntas terminales de las líneas privadas provenientes de las estaciones remotas de monitoreo, una trocal de voz digital E0 con 30 líneas más doce líneas conmutadas para servicios privados que se alimentan a un conmutador para servicio del edificio de la calle de Agricultura No. 21, Col. Escandón. Adicionalmente se tiene una granja de servidores para servicios de la red de cómputo como son: servidor de correo electrónico, servidor de dominio en Internet, servidores de páginas web, el Sistema de Verificación Vehicular (SIVEV), una computadora para modelación con alta capacidad de procesamiento numérico y un panel de parcheo para voz y datos. La red de cómputo consiste en casi 300 PCs e impresoras conectadas y 50 adicionales en modo stand alone.

---

<sup>3</sup> Se considera redundante una estación que presenta registros de igual magnitud o patrón similar de otra estación.



## **Vehículos para el servicio del SIMAT**

La Dirección de Monitoreo Atmosférico cuenta con 16 vehículos que se emplean para acudir a las estaciones remotas con propósitos de mantenimiento preventivo y correctivo. Se estima que cada día se recorren más de 400 kilómetros para visitar las estaciones, a las cuales se acude al menos una vez a la semana.

## **El Consejo Asesor**

En febrero de 2002 se creó el Consejo Asesor del Sistema de Monitoreo Atmosférico, con la finalidad de apoyar y orientar su operación y desarrollo, con lo cual se tendrá una mejora en la calidad de la información que provee. Actualmente participan 13 reconocidos especialistas en gestión ambiental, monitoreo y modelación de la calidad del aire y efectos en la salud, provenientes de diversas instituciones de investigación y el gobierno, ellos son:

- Dra. Margarita Castillejos Salazar, profesora investigadora de la UAM
- Dra. Telma Gloria Castro Romero, investigadora del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
- Dra. Elizabeth Vega Rangel, investigadora del Programa de Investigación del Medio Ambiente y Seguridad del IMP
- Dr. Humberto Bravo Álvarez, investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
- Dr. Ernesto Jaúregui Ostos, investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
- Dr. Luis Gerardo Ruiz Suárez, investigador del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM
- Dr. Adrián Fernández Bremauntz, presidente del Instituto Nacional de Ecología
- Dr. Alejandro Salcido González, investigador del Instituto de Investigaciones Eléctricas
- Ing. Víctor Gutiérrez Avedoy, Director General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental del INE
- Titulares de la Secretaría de Salud del Gobierno del Distrito Federal, de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México, el Comisionado de Evidencia y Manejo de Riesgos de la COFEPRIS y la Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global de SEMARNAT.

### 6.3. Meteorología

La calidad del aire en una región está estrechamente relacionada con los fenómenos meteorológicos de escala local, regional y sinóptica. Por ello es importante mantener una estrecha vigilancia de dichos fenómenos a fin de evaluar las condiciones de dispersión de los contaminantes y estimar su evolución con el propósito de anticipar las concentraciones futuras de los contaminantes.

Por lo anterior, el SIMAT se encarga de obtener información meteorológica en tiempo real de la tropósfera superior, correspondiente a la IV Región Meteorológica, dentro de la cual se encuentra el territorio nacional. La información consiste en datos de temperatura, humedad relativa, presión barométrica, características del viento (dirección e intensidad), y otras variables más, de las diversas estaciones meteorológicas de México, Estados Unidos, América Central y de las islas del Mar Caribe, la cual se decodifica, procesa y asienta en los termodiagramas (Figura 6.3.1), para calcular elementos de inversiones térmicas (Figura 6.3.2) y capa de mezclado; así como para analizar cartas meteorológicas de altura (Figura 6.3.3) e identificar los sistemas meteorológicos dominantes con líneas de flujo de viento en los distintos niveles de la tropósfera para determinar el comportamiento futuro de los contaminantes en la ZMVM.

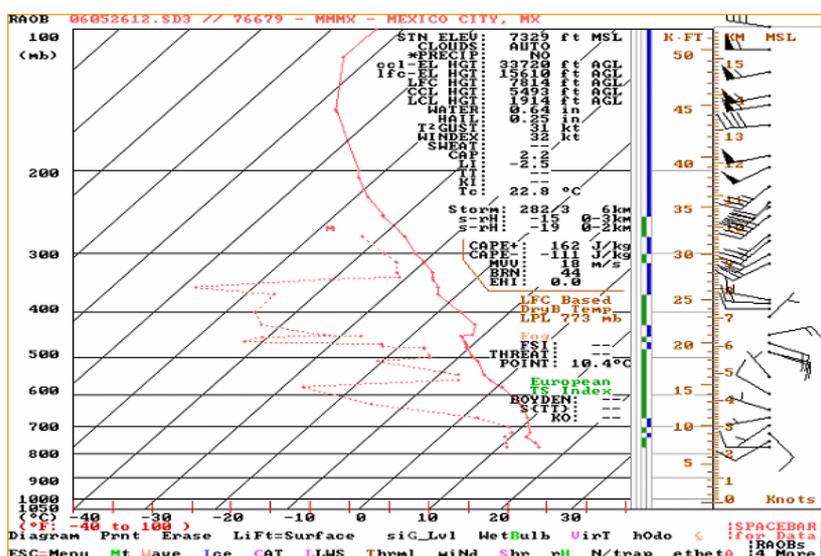
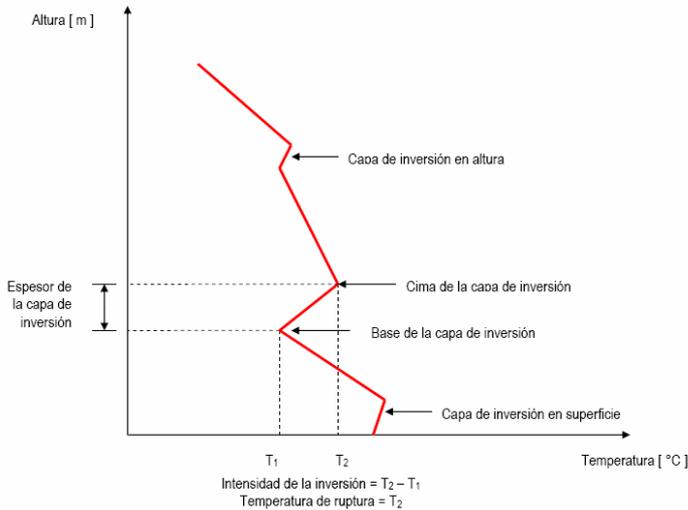
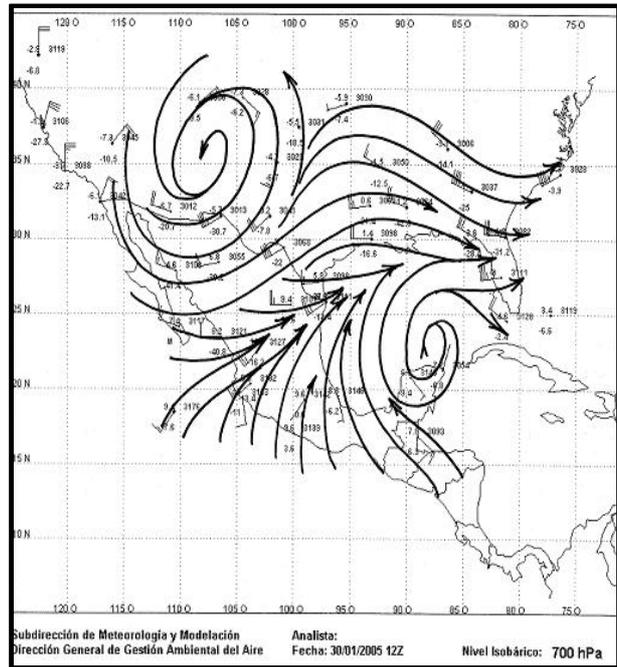


Figura 6.3.1 Termodiagrama mostrando datos de temperatura, viento y humedad de un radiosondeo atmosférico para la Ciudad de México

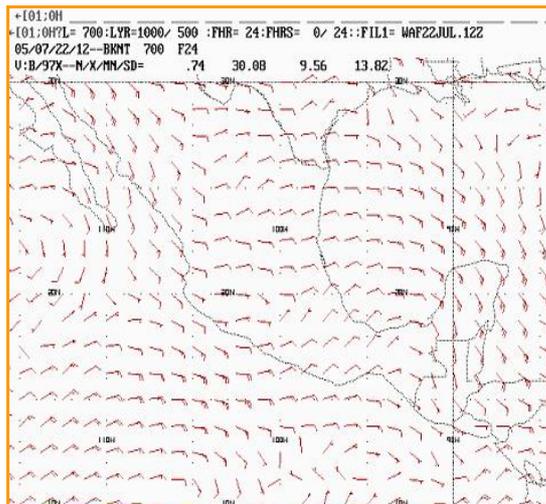


**Figura 6.3.2** Parámetros que definen una inversión térmica

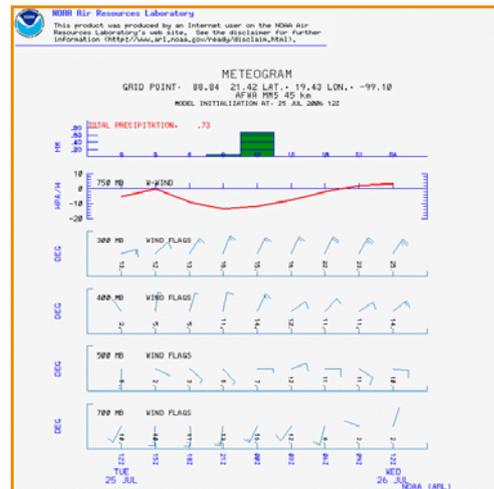


**Figura 6.3.3** Carta de altura con líneas de flujo de viento a 500 hPa

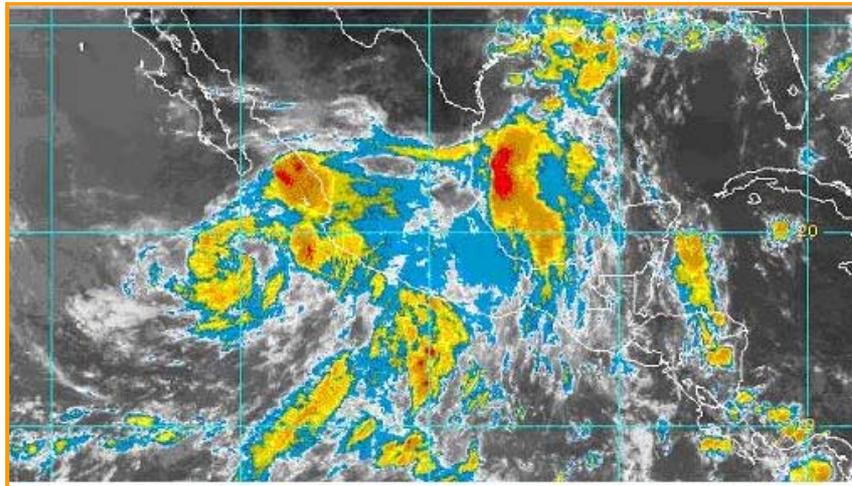
La información proporcionada por los modelos de pronóstico meteorológico (Figuras 6.3.4 y 6.3.5) e imágenes de satélite en diferentes bandas: infrarroja -IR- (Figura 6.4.6), vapor de agua -WV- (Figura 6.3.7) y visible -VIS- (Figura 6.3.8), que se obtienen de Internet, son herramientas fundamentales para realizar todas las labores de diagnóstico y pronóstico por lo que se analizan e interpretan de manera puntual y rutinaria.



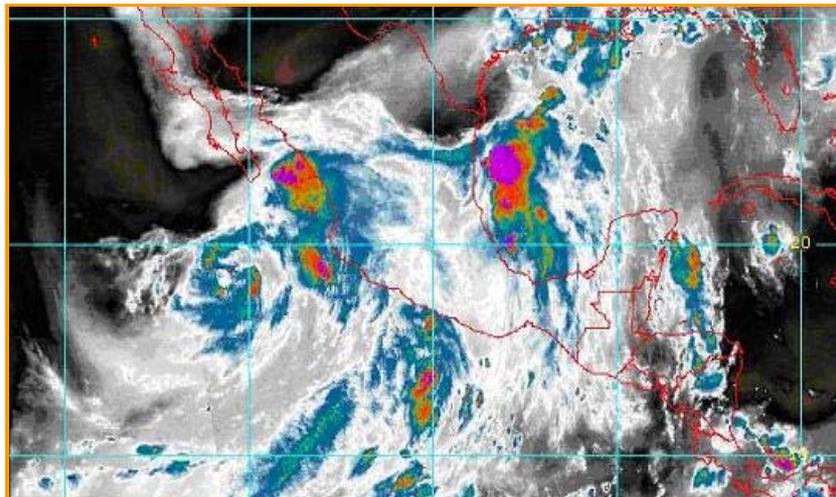
**Figura 6.3.4** Pronóstico de viento a 24 horas sobre el territorio nacional (nivel de 700 hPa), basado con información meteorológica



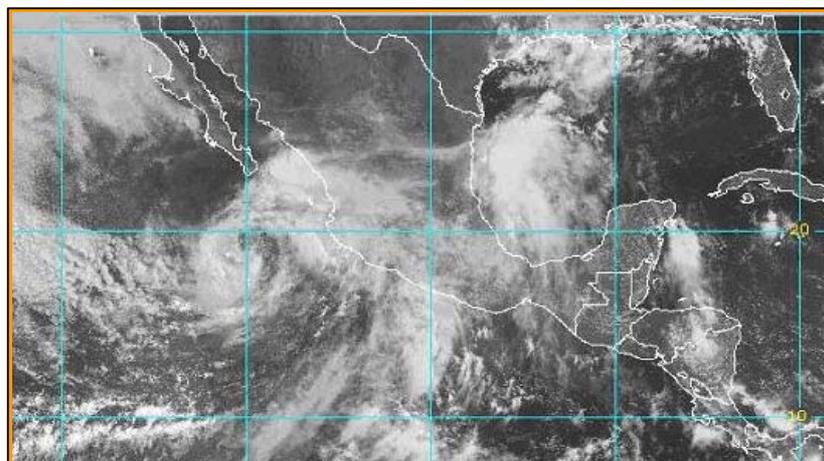
**Figura 6.3.5** Pronóstico de viento a 24 horas para la Ciudad de México a diferentes niveles de la tropósfera



**Figura 6.3.6 Imagen de satélite en la banda infrarrojo (GOES-8, NOAA)**



**Figura 6.3.7 Imagen de satélite en la banda de vapor de agua (GOES-8, NOAA)**

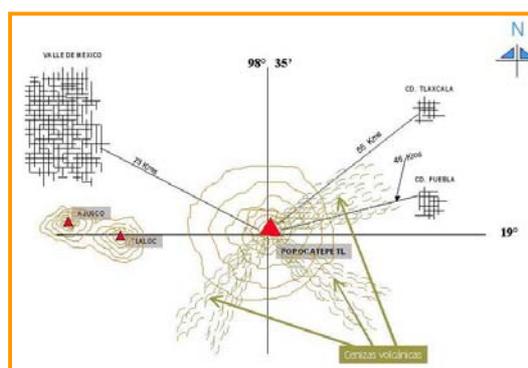


**Figura 6.3.8 Imagen de satélite en la banda visible (GOES-8, NOAA)**



Las herramientas anteriores se conjuntan para aplicarlas en la determinación del comportamiento de las concentraciones de los contaminantes, principalmente el ozono y las partículas suspendidas.

Cada día se elabora y publica dos veces al día (matutino y vespertino) en la página de Internet de la Secretaría del Medio Ambiente, el pronóstico de calidad del aire que también es enviado vía correo electrónico, voz y fax a los tomadores de decisiones. Asimismo se publica una nota meteorológica informativa donde se especifican, en lenguaje accesible, las condiciones ocurridas durante el día con respecto a los niveles de concentración de la contaminación y los sistemas meteorológicos, y lo que se pronostica que ocurrirá al día siguiente en la ZMVM. Además se elabora el pronóstico de caída de cenizas, ante una eventual erupción del volcán Popocatepetl, ya que conocer anticipadamente la influencia que los sistemas meteorológicos presentes y futuros sobre las concentraciones de los contaminantes en el medio ambiente, es de gran utilidad para poner en operación un sistema de alerta temprano para advertir sobre los riesgos a la exposición de los contaminantes.

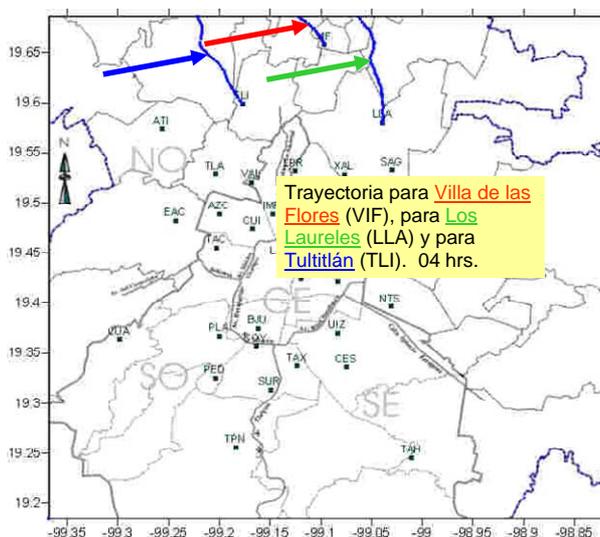


**Figura 6.3.9 Pronóstico de dirección de las cenizas del volcán Popocatepetl**

De manera permanente también se llevan a cabo validación de datos, análisis de los parámetros meteorológicos de superficie que registra el SIMAT y estimación de las condiciones en el corto y mediano plazos. Se elaboran mapas de viento, resúmenes de los parámetros meteorológicos y demás análisis bajo demanda que se emplean para evaluar las condiciones de dispersión de los contaminantes.

A partir de la información que guarda el Sistema de Monitoreo Atmosférico minuto a minuto, de las concentraciones de los contaminantes criterio y los parámetros meteorológicos, es posible reconstruir en el tiempo la trayectoria de una emisión registrada como una alta concentración de un contaminante, a partir del análisis de esta información y de la dirección y velocidad del viento. El resultado es un mapa que muestra la trayectoria del origen de una alta emisión registrada viento abajo en una o más estaciones de monitoreo automático. Con ello se puede inferir un sector de la

zona urbana y conociendo la ubicación de las industrias existentes, es posible identificar una o más potenciales fuentes de emisión a las cuales enfocar los esfuerzos de inspección, dependiendo de la jurisdicción de las fuentes involucradas. Este procedimiento se puso en práctica a partir de octubre de 2005 y se está complementando con simulaciones numéricas del modelo Flexpart.



**Figura 6.3.10 Mapa de trayectorias mostrando el origen de una emisión alta de SO<sub>2</sub> y su impacto en la ZMVM**

La metodología utilizada hace uso de la técnica de interpolación llamada de *Cressman*, con el fin de llevar los datos medidos por cada una de las estaciones a una malla regular, para luego calcular, en función de los datos interpolados, la posición que tuvo la partícula para cada minuto del intervalo usado. El proceso de cálculo se repite para varias horas, normalmente mayor a 5 y hasta alrededor de 8, obteniéndose una serie de puntos que luego son graficados en un mapa como el que aparece en la Figura 6.3.10.



## **VII. INVENTARIO Y MODELACIÓN DE EMISIONES**

Las actividades de gestión de la calidad del aire exigen el desarrollo y actualización del inventario de emisiones, tanto de la información básica que se requiere como de los métodos de estimación de las emisiones contaminantes.

### **7.1 Importancia del inventario de emisiones**

La importancia de los inventarios de emisiones, como instrumento estratégico básico para la gestión de la calidad del aire, es ampliamente reconocida a nivel internacional. Su valor es tal para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), que ya desde 1990 constituye la base sobre la cual se han elaborado los Programas para el Mejoramiento de la Calidad del Aire. Por ello, el Gobierno del Distrito Federal a través de la Secretaría del Medio Ambiente, ha desarrollado inventarios que han mejorado en su calidad y actualmente estos presentan, además de la cuantificación desagregada de las emisiones por tipo de fuente, categoría o subsector, la variación temporal y espacial de las emisiones contaminantes generadas en la ZMVM.

Así mismo, con estos inventarios se pueden identificar de forma más precisa los sectores de mayor contribución por tipo de contaminante y a las fuentes en las cuales deben aplicarse medidas de control; además se pueden realizar análisis de costo-efectividad de las medidas de control y evaluar los programas de mejoramiento de la calidad del aire vigentes.

Los inventarios de emisiones de contaminantes del aire, que elabora la Secretaría del Medio Ambiente, además de ser útiles a las autoridades ambientales encargadas de coordinar la gestión de la calidad del aire, mantienen informada a la población de la emisiones contaminantes que se generan en la zona que habitan, debido a la actividad industrial, comercial y de servicios, de los hogares, de los vehículos automotores, entre otros.

### **7.2 Mejoras del inventario de emisiones**

Para tener una respuesta más clara de las causas que ocasionan los incrementos en los niveles de contaminación del aire, a principios de la presente administración, en un marco de concurrencia institucional entre las autoridades ambientales locales y federales que convergen en la ZMVM, se elaboró el inventario de emisiones de 1998, como base para el desarrollo del Programa de Mejoramiento de la Calidad del Aire de la ZMVM 2002-2010 (ProAire 2002-2010).

Posteriormente, para su validación periódica y con el fin de seguir fortaleciendo las bases para la toma de decisiones y atender los compromisos adquiridos en el ProAire 2002-2010, se actualizó cada dos años hasta el 2004, con base en las metodologías de estimación que recomienda el Instituto Nacional de Ecología.



En las actualizaciones se fueron integrando las recomendaciones emitidas por el Doctor Mario Molina Pasquel y su grupo de investigadores, para reducir el grado de incertidumbre de las estimaciones de los inventarios<sup>1</sup>, así como los comentarios de la evaluación de las metodologías y resultados del inventario de emisiones del año 1998, realizada por la compañía Eastern Research Group Inc<sup>2</sup>.

Desde el inventario de 1998, a diferencia de los que ya existían, se incluyó el capítulo de gases de efecto invernadero y las memorias de cálculo que registran la información utilizada y las consideraciones hechas en los procedimientos.

En los inventarios de emisiones de los años 2000, 2002 y 2004, al igual que en el de 1998, se agrupan las emisiones en cuatro sectores: fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles y fuentes naturales (vegetación y suelos), sin embargo tienen diferencias, en éstos últimos se reportan los compuestos orgánicos totales (COT) en vez de los hidrocarburos totales (HCT)<sup>3</sup>, separando el metano (CH<sub>4</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles (COV)<sup>4</sup>, incluyen además de las emisiones de partículas menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), las emisiones de partículas menores a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>), amoniaco (NH<sub>3</sub>) y bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); y por primera vez a partir del año 2002, se incorporan las emisiones de partículas que se desprenden de las vialidades por el tránsito vehicular.

En el desarrollo de las actualizaciones continuas del Inventario de Emisiones, se detallan con más precisión las emisiones por tipo de fuente, por contaminante y por entidad. Además de reportar las emisiones estimadas en forma total anual, desde el inventario del año 2000 se presentan dos nuevas características necesarias para tener un análisis más detallado y poder utilizar los datos para la modelación de emisiones y análisis de calidad del aire: la primera es la distribución temporal, que permite conocer la cantidad de emisión generada en cada hora; la segunda es la resolución espacial de las emisiones, por medio de la cual podemos ubicar las diferentes zonas donde se está emitiendo un contaminante. La distribución espacial se inició con una malla con una resolución de 2 km por 2 km y en la última actualización del inventario aumentó la resolución a 1 km por 1 km.

Para que los valores de los inventarios pudieran ser comparables en términos absolutos, primero se incorporó el recálculo de los inventarios de 1994 y 1996, posteriormente en cada actualización

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

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

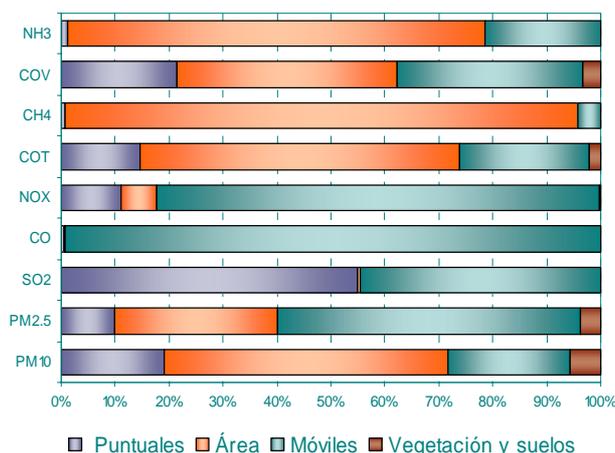
<sup>3</sup> En general, la definición de HCT se usa sólo para procesos de combustión, los HCT = COT- Aldehídos.

<sup>4</sup> Los COV son un subconjunto de los COT donde no se incluyen a los compuestos orgánicos que no tienen reactividad fotoquímica o la tienen muy baja como la del metano, etano, acetona, percloroetileno, cloruro de metileno, metil cloroformo y varios clorofluorocarbonos, hidroc fluorocarbonos, hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos.

se recalcularon los inventarios de años anteriores para mantener vigente la tendencia de las emisiones desde 1994 hasta el año calendario del inventario, por ejemplo en el inventario del año 2004, se incorpora la tendencia 1994-2004 de los contaminantes criterio.

### 7.3 Emisiones por tipo de fuente

Las emisiones anuales generadas en el 2004 en la ZMVM, en peso y porcentaje, se presentan en la Gráfica 7.3 y la Tabla 7.3, en las cuales se observa que el contaminante más abundante en peso sigue siendo el CO, emitiéndose a la atmósfera cerca de 1.8 millones de toneladas al año y es generado principalmente por las fuentes móviles; le sigue en orden de importancia las emisiones de COT con más de 822 mil toneladas anuales, siendo las fuentes de área las que generan el 59%. Así mismo en la Gráfica 7.3.1 se puede apreciar la contribución de cada contaminante inventariado por tipo de fuente, observándose que el emisor con mayores aportes son las fuentes móviles.



**Gráfica 7.3.1 Contribución de emisiones por tipo de fuente, 2004**

Referente a la contaminación por NOx, se estima que se liberaron al aire más de 179 mil toneladas y el 82% lo generaron las fuentes móviles; de las PM<sub>10</sub>, que es otro de los contaminantes que representan mayor problema en la ZMVM, se tiene que de las 20,686 ton/año que se emiten, el 42% se desprenden de las vialidades no pavimentadas debido al tránsito vehicular; del total de PM<sub>10</sub>, aproximadamente el 32% son partículas menores a 2.5 µm (PM<sub>2.5</sub>), es decir 6,622 ton/año, y las principales fuentes de emisión son los tractocamiones (30%) y las vialidades sin pavimentar (21%); y con respecto al cálculo del amoniaco que se estima en más de 17 mil toneladas, las fuentes de área son las principales emisoras, en particular por la categoría de emisiones domésticas.



Tabla 7.3.1 Inventario de emisiones anuales de la ZMVM, 2004

| Emisiones         | SECTOR            |      |                 |      |                 |      |                     |     |                  |            |
|-------------------|-------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|---------------------|-----|------------------|------------|
|                   | Fuentes Puntuales |      | Fuentes de área |      | Fuentes móviles |      | Vegetación y suelos |     | Total            |            |
|                   | ton/año           | %    | ton/año         | %    | ton/año         | %    | ton/año             | %   | ton/año          | %          |
| PM <sub>10</sub>  | 3,916             | 18.9 | 10,801          | 52.2 | 4,768           | 23.0 | 1,201               | 5.8 | <b>20,686</b>    | <b>100</b> |
| PM <sub>2.5</sub> | 651               | 9.8  | 1,962           | 29.6 | 3,748           | 56.6 | 261                 | 3.9 | <b>6,622</b>     | <b>100</b> |
| SO <sub>2</sub>   | 3,284             | 49.4 | 41              | 0.6  | 3,321           | 50.0 | N/A                 | N/A | <b>6,646</b>     | <b>100</b> |
| CO                | 6,443             | 0.4  | 7,731           | 0.4  | 1,777,907       | 99.2 | N/A                 | N/A | <b>1,792,081</b> | <b>100</b> |
| NOx               | 19,737            | 11.0 | 11,662          | 6.5  | 147,971         | 82.2 | 626                 | 0.3 | <b>179,996</b>   | <b>100</b> |
| COT               | 119,746           | 14.6 | 487,057         | 59.2 | 198,136         | 24.1 | 17,606              | 2.1 | <b>822,545</b>   | <b>100</b> |
| CH <sub>4</sub>   | 1,559             | 0.7  | 223,690         | 95.2 | 9,816           | 4.2  | N/A                 | N/A | <b>235,065</b>   | <b>100</b> |
| COV               | 114,101           | 21.4 | 216,562         | 40.7 | 183,899         | 34.6 | 17,606              | 3.3 | <b>532,168</b>   | <b>100</b> |
| NH <sub>3</sub>   | 196               | 1.1  | 13,543          | 77.3 | 3,775           | 21.6 | N/A                 | N/A | <b>17,514</b>    | <b>100</b> |

N/A : No Aplica

En la Tabla 7.3.2 se presentan de emisiones de la ZMVM desagregadas por sector y la tabla 7.3.3, muestra el inventario de emisiones por su contribución porcentual con respecto a todas las fuentes de emisión por cada contaminante. Las emisiones que más se generan en la ZMVM las emiten las fuentes móviles y de éstas, los autos particulares generan el 50% del CO, el 32% de los NOx, el 26% de SO<sub>2</sub> y el 16% de COV; otra emisión importante son los vehículos mayores a tres toneladas con el 10% del CO y los tractocamiones que aportan el 30% de las PM<sub>2.5</sub> y 16% de los NOx.

Las fuentes puntuales generan el 49% del SO<sub>2</sub> con 3,284 ton/año, siendo los sectores de la industria metálica básica y de sustancias químicas los más contaminantes, dado que contribuyen con el 13% y el 10% respectivamente. Las fuentes móviles generan el 50% del SO<sub>2</sub> y como se mencionó, los autos particulares son los de mayor emisión por el combustible que consumen.

Los principales contaminantes emitidos por las fuentes de área son: el metano que representa el 95% del total de la ZMVM, emitido en su mayoría por los rellenos sanitarios; el amoniaco con un 77% del total; las PM<sub>10</sub> que representan el 52% y las PM<sub>2.5</sub> con el 30%, estas dos últimas generadas principalmente por las vialidades sin pavimentar.

En general, los COV generados por la vegetación son mínimos en comparación con los otros sectores, cabe mencionar que los COV de las fuentes biogénicas representan el 3% del total de las emisiones con 17,606 toneladas anuales; así mismo, las partículas generadas por la erosión eólica contribuyen con 1,201 toneladas anuales de PM<sub>10</sub>.

**Tabla.7.3.2 Inventario de emisiones desagregado por sector de la ZMVM, 2004**

| Sector  | Emisiones [ton /año] |                   |                 |                  |                |                |                 |                |                 |
|---|----------------------|-------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|   | PM <sub>10</sub>     | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO               | NOx            | COT            | CH <sub>4</sub> | COV            | NH <sub>3</sub> |
| <b>Fuentes puntuales</b>  | <b>3,916</b>         | <b>651</b>        | <b>3,284</b>    | <b>6,443</b>     | <b>19,737</b>  | <b>119,746</b> | <b>1,559</b>    | <b>114,101</b> | <b>196</b>      |
| Productos alimenticios, bebidas y tabaco  | 640                  | 68                | 178             | 511              | 1,317          | 4,856          | 18              | 4,812          | 15              |
| Textiles, prendas de vestir e industria del cuero   | 360                  | 29                | 579             | 106              | 338            | 2,345          | 10              | 2,322          | 10              |
| Industria de la madera y productos de madera  | 38                   | 6                 | 143             | 4                | 24             | 4,232          | N/S             | 4,187          | N/S             |
| Papel y productos de papel, imprenta y editoriales  | 119                  | 58                | 641             | 420              | 960            | 23,042         | 20              | 21,869         | 20              |
| Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico | 377                  | 66                | 875             | 631              | 1,534          | 59,247         | 398             | 57,540         | 41              |
| Productos minerales no metálicos.*  | 844                  | 129               | 205             | 450              | 1,495          | 4,862          | 868             | 4,257          | 20              |
| Industrias metálicas básicas  | 747                  | 28                | 286             | 594              | 1,909          | 5,716          | 8               | 4,434          | 8               |
| Productos metálicos, maquinaria y equipo.**   | 535                  | 64                | 315             | 1,491            | 962            | 13,775         | 78              | 13,338         | 14              |
| Otras industrias manufactureras   | 56                   | 3                 | 46              | 24               | 132            | 1,382          | 99              | 1,197          | N/S             |
| Generación de energía eléctrica   | 200                  | 200               | 16              | 2,212            | 11,066         | 289            | 60              | 145            | 68              |
| <b>Fuentes de área</b>  | <b>10,801</b>        | <b>1,962</b>      | <b>41</b>       | <b>7,731</b>     | <b>11,662</b>  | <b>487,057</b> | <b>223,690</b>  | <b>216,562</b> | <b>13,543</b>   |
| Combustión industrial   | 226                  | 226               | 18              | 2,496            | 2,972          | 327            | 69              | 164            | 15              |
| Combustión comercial/institucional  | 32                   | 32                | N/S             | 158              | 979            | 39             | 14              | 25             | N/E             |
| Combustión habitacional   | 131                  | 131               | 1               | 554              | 3,407          | 153            | 50              | 93             | 1               |
| Operación de aeronaves  | 17                   | 17                | N/S             | 3,071            | 2,923          | 1,859          | 178             | 1,785          | N/E             |
| Locomotoras (foráneas/ patio)   | 31                   | 29                | 17              | 166              | 1,310          | 55             | N/E             | 54             | N/A             |
| Terminales de Autobuses de pasajeros  | 1                    | 1                 | N/S             | 86               | 43             | 20             | 1               | 20             | N/S             |
| Recubrimiento de superficies industriales   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 22,529         | N/A             | 22,259         | N/A             |
| Pintura automotriz  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 2,464          | N/A             | 2,415          | N/A             |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 23,937         | N/A             | 20,825         | N/A             |
| Pintura tránsito  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 704            | N/A             | 695            | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 31,681         | N/A             | 19,009         | N/A             |
| Lavado en seco  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 10,573         | N/A             | 6,132          | N/A             |
| Artes gráficas  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 7,041          | N/A             | 7,041          | N/A             |
| Aplicación de asfalto   | N/E                  | N/E               | N/E             | N/A              | N/A            | 77             | N/A             | 77             | N/A             |
| Uso comercial y doméstico de solventes  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 80,560         | N/A             | 55,586         | N/A             |
| Distribución y almacenamiento de gasolina   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 967            | N/A             | 967            | N/A             |
| Carga de combustible en aeronaves   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 6              | N/S             | 6              | N/A             |
| Distribución y almacenamiento de gas LP   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 2,925          | N/S             | 2,877          | N/A             |
| Fugas en instalaciones de gas LP  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 24,753         | 2               | 24,357         | N/A             |
| HCNQ en la combustión de gas LP   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 36,080         | 4               | 35,502         | N/A             |
| Panaderías  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 4,644          | N/A             | 4,644          | N/A             |
| Esterilización en hospitales  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 19             | N/A             | 19             | N/A             |
| Rellenos sanitarios   | N/A                  | N/A               | N/A             | 241              | N/A            | 232,947        | 223,346         | 9,554          | N/E             |
| Tratamiento de aguas residuales   | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | 2,626          | N/A             | 2,416          | N/E             |
| Incendios forestales  | 57                   | 47                | 5               | 525              | 18             | 35             | 26              | 16             | 2               |
| Incendios en estructuras  | 28                   | 26                | N/E             | 434              | 10             | 36             | N/A             | 24             | N/A             |
| Emisiones domésticas de amoníaco  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | N/A            | N/A            | N/A             | N/A            | 13,525          |
| Vialidades pavimentadas   | 1,523                | 91                | N/A             | N/A              | N/A            | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             |
| Vialidades sin pavimentar   | 8,755                | 1,362             | N/A             | N/A              | N/A            | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             |
| <b>Fuentes móviles</b>  | <b>4,768</b>         | <b>3,748</b>      | <b>3,321</b>    | <b>1,777,907</b> | <b>147,971</b> | <b>198,136</b> | <b>9,816</b>    | <b>183,899</b> | <b>3,775</b>    |
| Autos particulares  | 860                  | 480               | 1,719           | 890,602          | 57,456         | 92,689         | 3,931           | 85,849         | 2,648           |
| Taxis   | 144                  | 80                | 312             | 118,709          | 11,062         | 14,309         | 606             | 13,252         | 483             |
| Combis  | 24                   | 14                | 44              | 69,194           | 3,208          | 6,687          | 283             | 6,193          | 76              |
| Microbuses  | 42                   | 24                | 123             | 151,556          | 10,278         | 18,767         | 1,461           | 17,456         | 171             |
| Pick up   | 63                   | 36                | 149             | 106,338          | 8,572          | 10,825         | 515             | 10,012         | 169             |
| Vehículos ≤ a 3 ton   | 283                  | 234               | 215             | 109,111          | 10,695         | 11,908         | 478             | 11,084         | 117             |
| Tractocamiones  | 2,315                | 2,014             | 284             | 31,945           | 29,094         | 11,575         | 494             | 11,069         | 30              |
| Autobuses   | 691                  | 600               | 261             | 16,015           | 10,751         | 4,741          | 204             | 4,530          | 14              |
| Vehículos > a 3 ton   | 270                  | 223               | 152             | 186,038          | 5,798          | 12,989         | 1,030           | 11,715         | 45              |
| Motocicletas  | 76                   | 43                | 62              | 98,399           | 1,057          | 13,646         | 814             | 12,739         | 22              |
| <b>Vegetación y suelos</b>  | <b>1,201</b>         | <b>261</b>        | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>       | <b>626</b>     | <b>17,606</b>  | <b>N/A</b>      | <b>17,606</b>  | <b>N/A</b>      |
| Vegetación  | N/A                  | N/A               | N/A             | N/A              | 626            | 17,606         | N/A             | 17,606         | N/A             |
| Erosión eólica del suelo  | 1,201                | 261               | N/A             | N/A              | N/A            | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             |
| <b>Total</b>  | <b>20,686</b>        | <b>6,622</b>      | <b>6,646</b>    | <b>1,792,081</b> | <b>179,996</b> | <b>822,545</b> | <b>235,065</b>  | <b>532,168</b> | <b>17,514</b>   |

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



Tabla 7.3.3 Inventario de emisiones porcentual, desagregado por sector de la ZMVM, 2004

| Sector  | Emisiones [%]    |                   |                 |              |              |              |                 |              |                 |
|---|------------------|-------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
|   | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO           | NOx          | COT          | CH <sub>4</sub> | COV          | NH <sub>3</sub> |
| <b>Fuentes puntuales</b>  | <b>18.93</b>     | <b>9.83</b>       | <b>49.41</b>    | <b>0.36</b>  | <b>10.97</b> | <b>14.56</b> | <b>0.66</b>     | <b>21.44</b> | <b>1.12</b>     |
| Productos alimenticios, bebidas y tabaco  | 3.09             | 1.03              | 2.68            | 0.03         | 0.73         | 0.59         | 0.01            | 0.90         | 0.09            |
| Textiles, prendas de vestir e industria del cuero   | 1.74             | 0.44              | 8.71            | 0.01         | 0.19         | 0.29         | N/S             | 0.44         | 0.06            |
| Industria de la madera y productos de madera  | 0.18             | 0.09              | 2.15            | N/S          | 0.01         | 0.51         | N/S             | 0.79         | 0.01            |
| Papel y productos de papel, imprenta y editoriales  | 0.58             | 0.88              | 9.64            | 0.02         | 0.53         | 2.80         | 0.01            | 4.11         | 0.11            |
| Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico | 1.82             | 1.00              | 13.17           | 0.04         | 0.85         | 7.20         | 0.17            | 10.81        | 0.23            |
| Productos minerales no metálicos.*  | 4.08             | 1.95              | 3.08            | 0.03         | 0.83         | 0.59         | 0.37            | 0.80         | 0.11            |
| Industrias metálicas básicas  | 3.61             | 0.42              | 4.30            | 0.03         | 1.06         | 0.69         | 0.00            | 0.83         | 0.05            |
| Productos metálicos, maquinaria y equipo.**   | 2.59             | 0.97              | 4.74            | 0.08         | 0.53         | 1.67         | 0.03            | 2.51         | 0.08            |
| Otras industrias manufactureras   | 0.27             | 0.05              | 0.69            | N/S          | 0.07         | 0.17         | 0.04            | 0.22         | N/S             |
| Generación de energía eléctrica   | 0.97             | 3.02              | 0.24            | 0.12         | 6.15         | 0.04         | 0.03            | 0.03         | 0.39            |
| <b>Fuentes de área</b>  | <b>52.21</b>     | <b>29.63</b>      | <b>0.62</b>     | <b>0.43</b>  | <b>6.48</b>  | <b>59.20</b> | <b>95.16</b>    | <b>40.68</b> | <b>77.33</b>    |
| Combustión industrial   | 1.09             | 3.41              | 0.27            | 0.14         | 1.65         | 0.04         | 0.03            | 0.03         | 0.09            |
| Combustión comercial/institucional  | 0.15             | 0.48              | N/S             | 0.01         | 0.54         | 0.00         | 0.01            | 0.00         | N/E             |
| Combustión habitacional   | 0.63             | 1.98              | 0.02            | 0.03         | 1.89         | 0.02         | 0.02            | 0.02         | 0.01            |
| Operación de aeronaves  | 0.08             | 0.26              | N/S             | 0.17         | 1.62         | 0.23         | 0.08            | 0.34         | N/E             |
| Locomotoras (foráneas/ patio)   | 0.15             | 0.44              | 0.26            | 0.01         | 0.73         | 0.01         | N/E             | 0.01         | N/A             |
| Terminales de Autobuses de pasajeros  | N/S              | 0.02              | N/S             | N/S          | 0.02         | N/S          | N/S             | N/S          | N/S             |
| Recubrimiento de superficies industriales   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 2.74         | N/A             | 4.18         | N/A             |
| Pintura automotriz  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.30         | N/A             | 0.45         | N/A             |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 2.91         | N/A             | 3.91         | N/A             |
| Pintura tránsito  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.09         | N/A             | 0.13         | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 3.85         | N/A             | 3.57         | N/A             |
| Lavado en seco  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 1.29         | N/A             | 1.15         | N/A             |
| Artes gráficas  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.86         | N/A             | 1.32         | N/A             |
| Aplicación de asfalto   | N/E              | N/E               | N/E             | N/A          | N/A          | 0.01         | N/A             | 0.01         | N/A             |
| Uso comercial y doméstico de solventes  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 9.79         | N/A             | 10.45        | N/A             |
| Distribución y almacenamiento de gasolina   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.12         | N/A             | 0.18         | N/A             |
| Carga de combustible en aeronaves   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | N/S          | N/S             | N/S          | N/A             |
| Distribución y almacenamiento de gas LP   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.36         | N/S             | 0.54         | N/A             |
| Fugas en instalaciones de gas LP  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 3.01         | N/S             | 4.58         | N/A             |
| HCNQ en la combustión de gas LP   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 4.39         | N/S             | 6.67         | N/A             |
| Panaderías  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.56         | N/A             | 0.87         | N/A             |
| Esterilización en hospitales  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | N/S          | N/A             | N/S          | N/A             |
| Rellenos sanitarios   | N/A              | N/A               | N/A             | 0.01         | N/A          | 28.32        | 95.01           | 1.80         | N/E             |
| Tratamiento de aguas residuales   | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | 0.32         | N/A             | 0.45         | N/E             |
| Incendios forestales  | 0.28             | 0.71              | 0.08            | 0.03         | 0.01         | N/S          | 0.01            | N/S          | 0.01            |
| Incendios en estructuras  | 0.14             | 0.39              | N/E             | 0.02         | 0.01         | N/S          | N/A             | N/S          | N/A             |
| Emisiones domésticas de amoníaco  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | N/A          | N/A          | N/A             | N/A          | 77.22           |
| Vialidades pavimentadas   | 7.36             | 1.37              | N/A             | N/A          | N/A          | N/A          | N/A             | N/A          | N/A             |
| Vialidades sin pavimentar   | 42.32            | 20.57             | N/A             | N/A          | N/A          | N/A          | N/A             | N/A          | N/A             |
| <b>Fuentes móviles</b>  | <b>23.05</b>     | <b>56.60</b>      | <b>49.97</b>    | <b>99.21</b> | <b>82.21</b> | <b>24.09</b> | <b>4.18</b>     | <b>34.56</b> | <b>21.55</b>    |
| Autos particulares  | 4.16             | 7.25              | 25.87           | 49.70        | 31.92        | 11.27        | 1.67            | 16.13        | 15.12           |
| Taxis   | 0.70             | 1.21              | 4.69            | 6.62         | 6.15         | 1.74         | 0.26            | 2.49         | 2.76            |
| Combis  | 0.12             | 0.21              | 0.66            | 3.86         | 1.78         | 0.81         | 0.12            | 1.16         | 0.43            |
| Microbuses  | 0.20             | 0.36              | 1.85            | 8.46         | 5.71         | 2.28         | 0.62            | 3.28         | 0.98            |
| Pick up   | 0.30             | 0.54              | 2.24            | 5.93         | 4.76         | 1.32         | 0.22            | 1.88         | 0.96            |
| Vehículos ≤ a 3 ton   | 1.37             | 3.53              | 3.24            | 6.09         | 5.94         | 1.45         | 0.20            | 2.08         | 0.67            |
| Tractocamiones  | 11.19            | 30.41             | 4.27            | 1.78         | 16.16        | 1.41         | 0.21            | 2.08         | 0.17            |
| Autobuses   | 3.34             | 9.06              | 3.93            | 0.89         | 5.97         | 0.58         | 0.09            | 0.85         | 0.08            |
| Vehículos > a 3 ton   | 1.31             | 3.37              | 2.29            | 10.38        | 3.22         | 1.58         | 0.44            | 2.20         | 0.26            |
| Motocicletas  | 0.37             | 0.65              | 0.93            | 5.49         | 0.59         | 1.66         | 0.35            | 2.39         | 0.13            |
| <b>Vegetación y suelos</b>  | <b>5.81</b>      | <b>3.94</b>       | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>   | <b>0.35</b>  | <b>2.14</b>  | <b>N/A</b>      | <b>3.31</b>  | <b>N/A</b>      |
| Vegetación  | N/A              | N/A               | N/A             | N/A          | 0.35         | 2.14         | N/A             | 3.31         | N/A             |
| Erosión eólica del suelo  | 5.81             | 3.94              | N/A             | N/A          | N/A          | N/A          | N/A             | N/A          | N/A             |
| <b>Total</b>  | <b>100</b>       | <b>100</b>        | <b>100</b>      | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>   | <b>100</b>      | <b>100</b>   | <b>100</b>      |

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

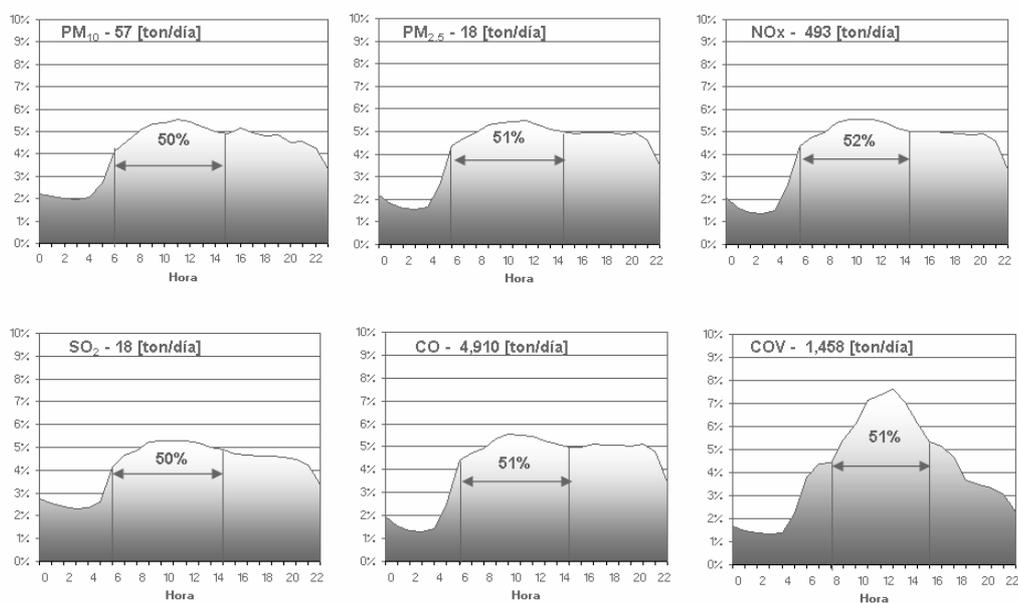
## 7.4 Distribución de emisiones

Para contar con un análisis más detallado y utilizar los datos de emisiones en la modelación fotoquímica, se realizó la distribución temporal y espacial del inventario. Con esta información se puede conocer la cantidad de contaminantes emitidos cada hora, así como situar geográficamente las zonas donde se generan las emisiones.

### 7.4.1 Distribución temporal horaria

La distribución temporal horaria del inventario de emisiones permite conocer su comportamiento a través del día. Debido a que los contaminantes no se emiten homogéneamente durante todo el día, en la Gráfica 7.4.1 se aprecia el patrón de distribución horaria de los contaminantes de mayor importancia, así como la emisión total diaria.

Las tendencias de las emisiones horarias de los contaminantes son similares debido a la influencia que tienen las fuentes móviles sobre ellos, excepto los COV, donde las principales contribuciones están dadas por las fuentes de área. La generación máxima se tiene de las 06:00 a las 15:00 horas, liberándose en promedio, en ese horario, alrededor del 51% del total diario de contaminantes. Por otro lado, para el caso del  $\text{SO}_2$ , aún cuando el perfil de emisiones es trazado por las fuentes móviles, este es modificado ligeramente por las emisiones que genera el sector industrial durante el transcurso del día.



Gráfica 7.4.1 Distribución temporal horaria de las emisiones en la ZMVM



## 7.4.2 Distribución espacial

La gestión de la calidad del aire de la ZMVM, requiere el contar con la distribución espacial de las emisiones, ya que esto permite identificar los sectores con mayor aporte de emisiones, ubicar las áreas con mayor necesidad de atención en el presente y futuro, evaluar a través de cartografía los sitios con problemas de calidad del aire, diseñar las redes de monitoreo atmosférico, así como coadyuvar a la planeación del uso del suelo en el establecimiento y/o reubicación de fuentes emisoras de contaminantes, por mencionar algunas de las aplicaciones.

La distribución espacial de las emisiones anuales de los contaminantes se realizó en una malla de 1km x 1km, donde se ubican 4,946 fuentes puntuales (2,800 se encuentran en el Distrito Federal y 2,146 en el Estado de México).

Las fuentes de área se distribuyeron con base en los AGEBS<sup>5</sup>, y las fuentes móviles se localizaron sobre las principales calles y avenidas en dicha malla.

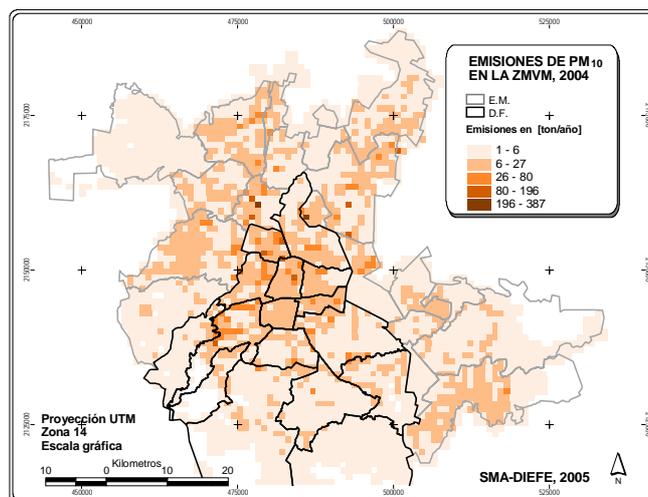
Por último, las fuentes naturales se distribuyeron con base en el uso de suelo y tipo de vegetación que se encuentra en cada celda. Es importante mencionar que la distribución espacial de todas las fuentes contaminantes se realizó con cartografía digital<sup>6</sup> sobre un Sistema de Información Geográfica. La distribución espacial de contaminantes criterio se muestra en las Figuras 7.4.2 a 7.4.9.

De la distribución espacial de las emisiones de  $PM_{10}$  que se presenta en el Figura 7.4.2 tenemos que en la zona centro son generadas principalmente por las fuentes móviles y en la periferia siguen una patrón similar al de las vialidades no pavimentadas. Por otro lado, al norte de la ZMVM las emisiones son de origen industrial ya que existen sitios de alta emisión asociados a este sector; por ejemplo en el municipio de Tlalnepantla, donde la fabricación de materiales para la construcción y la industria del hierro generan más de 300 toneladas de este contaminante al año.

Las delegaciones del centro y norte del D.F. presentan emisiones de  $PM_{10}$  que van desde 1 hasta más de 100 toneladas al año, las cuales son ocasionadas principalmente por la intensa actividad vehicular y, en algunos casos, se conjunta con la actividad industrial; a diferencia de las delegaciones del sur, donde las emisiones son generadas por los caminos sin pavimentar.

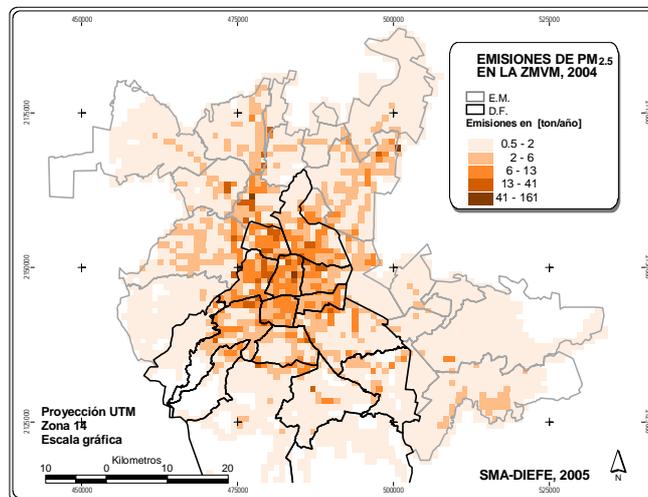
<sup>5</sup> Área Geoestadística Básica del INEGI.

<sup>6</sup> Cartografía digital de INEGI, SEMARNAT y cartografía creada en la propia Secretaría del Medio Ambiente del GDF.



**Figura 7.4.2 Distribución espacial de PM<sub>10</sub>**

El patrón de distribución de las emisiones de partículas PM<sub>2.5</sub> (Figura 7.4.3) es similar al de PM<sub>10</sub>, es decir, la emisión del centro es debida principalmente a las fuentes móviles y las zonas de alta emisión del norte corresponden a fuentes puntuales donde sobresalen las emisiones generadas por las termoeléctricas Jorge Luque y Valle de México.

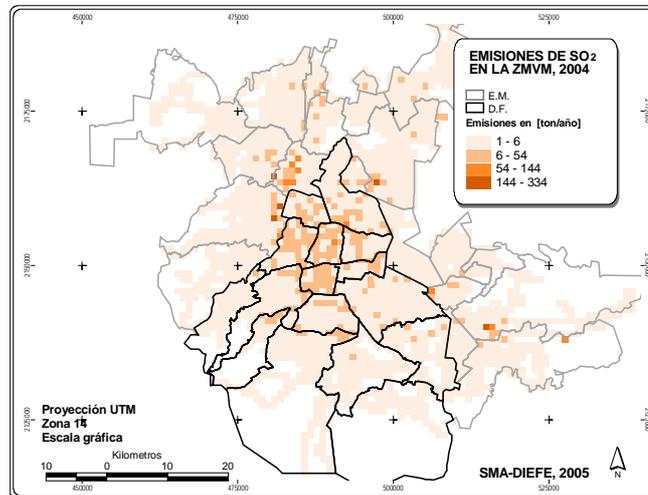


**Figura 7.4.3 Distribución espacial de PM<sub>2.5</sub>**

Las emisiones de SO<sub>2</sub> se generan principalmente por el contenido de azufre de los combustibles. Las fuentes puntuales y las móviles son las que contribuyen en mayor proporción a la generación de este contaminante, dado que la zona urbana es la que presenta más afluencia vehicular, principalmente en las delegaciones Benito Juárez y Cuauhtémoc, y en menor proporción en la periferia. Los altos valores de la Gustavo A. Madero son debidos a la actividad de la industria del



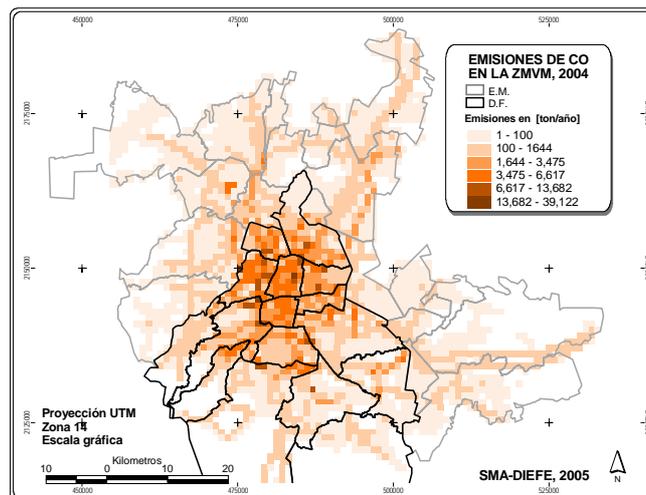
hierro y acero, en los municipios de La Paz e Ixtapaluca son generadas por la industria del papel y de la madera principalmente, en Tlalnepantla y Ecatepec por la industria del hierro y acero,



fundición, fabricación de cemento, textil y químico (Figura 7.4.4).

**Figura 7.4.4 Distribución espacial de SO<sub>2</sub>**

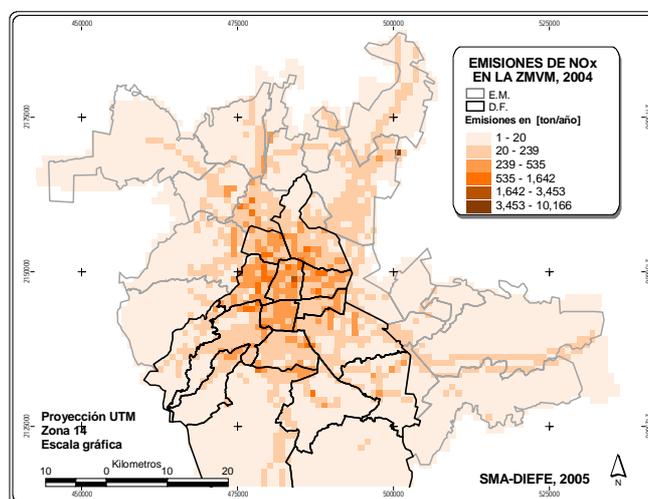
Debido a que el CO es producto de la combustión de los hidrocarburos utilizados como combustible y a que el 99% es generado por la combustión interna en los vehículos, su distribución está relacionada a la actividad de los mismos (Figura 7.4.5), en donde cabe destacar a los autos particulares, los vehículos mayores de tres toneladas y a los microbuses por su gran número y actividad.



**Figura 7.4.5 Distribución espacial de CO**

También se puede mencionar que el CO sigue una distribución conforme a las principales calles y avenidas de mayor tránsito vehicular, teniendo así que las mayores emisiones se localizan en las delegaciones del centro de la ZMVM como son Benito Juárez, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, disminuyendo la emisión conforme se avanza hacia los extremos de la Zona Metropolitana del Valle de México.

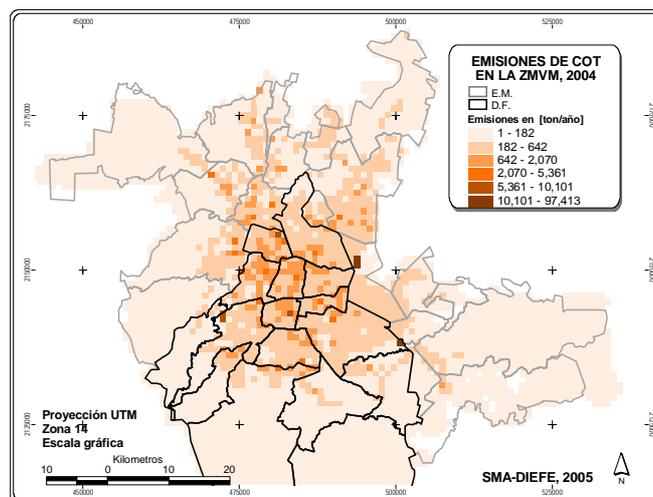
Los óxidos de nitrógeno, al igual que el CO, son producto de la combustión y las fuentes móviles en la ZMVM son los principales emisores de este contaminante y por lo tanto, la distribución espacial de los NOx varía principalmente conforme a la actividad del parque vehicular, concentrándose en la zona urbana donde el tránsito es intenso y siguiendo un patrón de distribución conforme a la red vial de la Ciudad.



**Figura 7.4.6 Distribución espacial de NOx**

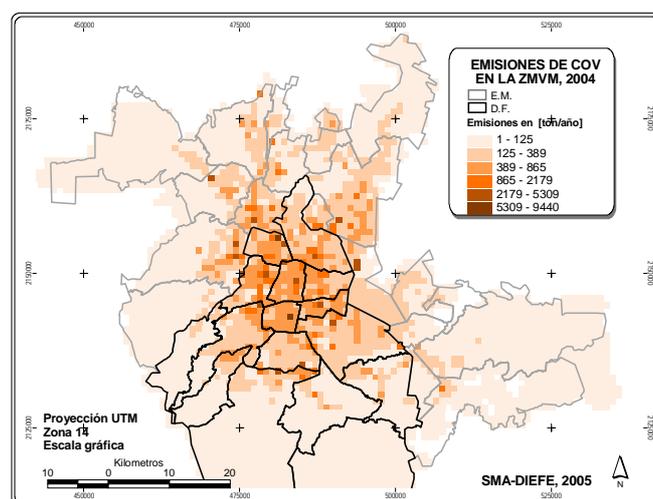
Aunque la región de alta emisión de NO<sub>x</sub> se localiza en la parte central de la ZMVM, tenemos que en el noreste en el municipio de Acolman destacan las emisiones resultantes de la generación de energía eléctrica, donde se consumen grandes cantidad de gas natural (Figura 7.4.6).

Los COT son generados en la ZMVM en su mayoría por el transporte, los procesos industriales y por el consumo de solventes. El 28% de ellos es emitido como metano por los rellenos sanitarios; las emisiones de este contaminante se generan en la delegación Álvaro Obregón y en los Municipios de La Paz, Nezahualcóyotl, Ecatepec y Naucalpan ya que en ellos se encuentran ubicados establecimientos industriales del giro químico, productos metálicos y de la fabricación de plásticos así como el relleno sanitario de Bordo Poniente en el municipio de Nezahualcóyotl.



**Figura 7.4.7 Distribución espacial de COV**

Los compuestos orgánicos volátiles participan junto con los NOx en la formación de ozono troposférico, de aquí la importancia de su estimación; en la ZMVM, el patrón de distribución de este contaminante es atribuido principalmente a la actividad de los vehículos y a las fuentes de área, por lo tanto, la parte centro y norte de la zona, las cuales se caracterizan por tener una intensa circulación vial y alta densidad de población, es donde se emiten grandes cantidades de COV; sin embargo, existen pequeñas zonas aisladas donde la actividad industrial es la responsable de dicha emisión.

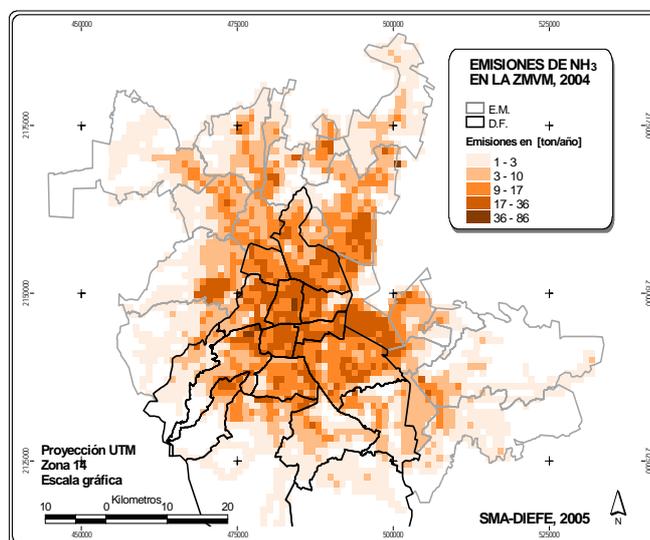


**Figura 7.4.8 Distribución espacial de CO**

En las delegaciones Benito Juárez e Iztapalapa, las altas emisiones de COV en algunas celdas que presentan más de 1,500 toneladas anuales, son ocasionadas por la fabricación de plásticos, así mismo, en Azcapotzalco se tiene a la industria farmacéutica, en Cuauhtémoc la manufactura de celulosa y papel, en los municipios de Atizapán de Zaragoza y Naucalpan la producción de plásticos, y en Tlalnepantla y Tultitlán, la industria química, impresión y conserva de alimentos.

El amoniaco es parte del ciclo del nitrógeno y es uno de los principales contribuyentes a la formación de aerosoles<sup>7</sup> en la atmósfera; así mismo, reacciona rápidamente con el ácido sulfúrico y el ácido nítrico para formar partículas. Debido a que la concentración de partículas es uno de los principales problemas de calidad del aire de la ZMVM, se hace importante la cuantificación del amoniaco como precursor de las mismas.

Considerando que el amoniaco estimado proviene fundamentalmente de los desechos humanos (excretas) y de la de los animales (perros, gatos), así como del uso de productos de limpieza (uso doméstico), la distribución espacial de éste contaminante se relaciona con la densidad de población y las áreas de gran actividad vehicular, por lo tanto, las delegaciones y municipios con mayor población y/o circulación vehicular son las que presentan las emisiones más altas, ver Figura 7.4.9.



**Figura 7.4.9 Distribución espacial de NH<sub>3</sub>**

<sup>7</sup> Dispersión de partículas microscópicas, sólidas o líquidas, en medios gaseosos (Wark y Warner1994).



## 7.5 Evolución de las emisiones, 1994-2004

Se considera conveniente realizar el recálculo de los inventarios de emisiones debido a que continuamente se efectúan mejoras metodológicas, se incorporan nuevas fuentes de emisión y se genera más y mejor información para el cálculo. Así mismo, se da más certeza a los inventarios, ya que permite comparar la tendencia de las emisiones con la tendencia de la calidad del aire y al mismo tiempo evaluar las medidas de control de emisiones en forma retrospectiva.

Aunque se han realizado recálculos donde se homologan los métodos y técnicas de estimación, con la metodología de los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, publicados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales<sup>8</sup>, cabe señalar que este recálculo incluye los resultados del análisis de información publicada y disponible recientemente. Por ejemplo, conforme se dispuso de información para caracterizar y calcular las emisiones de los caminos pavimentados y no pavimentados, estas fuentes se incorporaron en las actualizaciones bianuales del inventario de emisiones de la ZMVM del año 2002 y 2004, las cuales también se incorporaron en los recálculos 1998, 1996 y 1994.

En la Tabla 7.5.1 se muestran las emisiones totales de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), de bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), de monóxido de carbono (CO), de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), de compuestos orgánicos totales (COT) y de compuestos orgánicos volátiles (COV) generadas en cada uno de los años de cálculo del periodo 1994-2004 en la Zona Metropolitana del Valle de México. La evolución de las emisiones en este periodo muestra una disminución en la generación de las emisiones de casi todos los contaminantes: la generación de  $\text{SO}_2$  disminuye en 75% debido principalmente a la reducción del contenido de azufre en los combustibles, las partículas  $\text{PM}_{10}$  también se ven disminuidas en un 32% por la reducción del contenido de azufre en las gasolinas; la reducción de CO fue del 53%, la de  $\text{NO}_x$  de 23% y la de los COV de 21%, la disminución de estos últimos contaminantes se debió principalmente al cambio tecnológico del parque vehicular que incorporó sistemas de control de sus emisiones, a la par de una mejora de los combustibles.

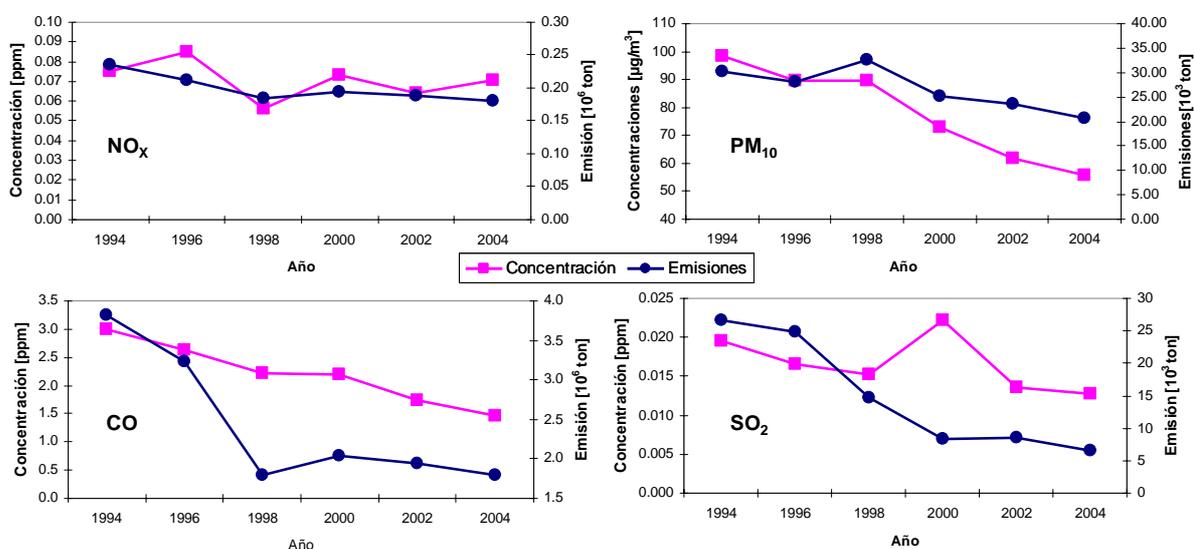
**Tabla 7.5.1 Inventarios de la ZMVM, 1994-2004**

| Año del inventario         | Emisiones<br>[ton/año] |                         |                            |                         |                        |                          |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|
|                            | $\text{PM}_{10}$       | $\text{SO}_2$           | CO                         | $\text{NO}_x$           | COT                    | COV                      |
| 1994                       | 30,212                 | 26,676                  | 3,820,866                  | 234,872                 | 859,108                | 674,195                  |
| 1996                       | 28,107                 | 24,777                  | 3,232,628                  | 212,584                 | 839,315                | 632,903                  |
| 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                  |
| <b>Reducción 1994-2004</b> | <b>9,526<br/>(32%)</b> | <b>20,030<br/>(75%)</b> | <b>2,028,758<br/>(53%)</b> | <b>54,876<br/>(23%)</b> | <b>36,563<br/>(4%)</b> | <b>142,027<br/>(21%)</b> |

<sup>8</sup> Manuales del Programa de Inventario de Emisiones de México, 1996 a 2003, elaborados por Radian International y Eastern Research Group para la Asociación de Gobernadores del Oeste y para el Comité Asesor Binacional.

Con el fin de confirmar la evolución del inventario de emisiones del periodo de 1994 al año 2004, se procedió a analizar individualmente las tendencias de las emisiones estimadas de partículas  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  y  $CO$  junto con su respectiva tendencia de la calidad del aire medida a través del SIMAT. No se analizaron los  $COT$  y  $COV$ , debido a que no se monitorearon estos contaminantes y el monitoreo de partículas  $PM_{2.5}$  es muy reciente.

La Gráfica 7.5.1 muestra que el comportamiento de 1994 al 2004 en concentración y emisión van a la baja. Es notorio el aumento de las concentración de  $SO_2$  del año 2000 que posiblemente fue consecuencia de que en la periferia de la ZMVM algunas industrias consumieron sin autorización combustibles líquidos con alto contenido de azufre, el cual no se refleja en las emisiones por no contar con esta información; también se aprecia una baja en las emisiones de  $NO_x$  de 1994 a 1996 que no se refleja en las concentraciones ambientales que posiblemente es debido a que las condiciones meteorológicas fueron adversas a la dispersión; y la baja que se observa en las emisiones de  $CO$  en 1998, es consecuencia de que de 1996 a 1998 aumentaron considerablemente los vehículos con sistemas de control de emisiones y los recorridos vehiculares promedio disminuyeron de acuerdo al análisis realizado a la base de datos del PVVO del año 2000 y los resultados de un estudio realizado por la UAM<sup>9</sup>.



**Gráfica 7.5.1 Tendencias de emisiones y concentración de  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $PM_{10}$  y  $NO_x$  en la ZMVM (1994-2004)**

<sup>9</sup> Informe de encuestas por muestreo sobre el programa Hoy No Circula, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, octubre 1994.



## 7.6 Inventario de contaminantes tóxicos

Como un primer paso para abordar el problema de sustancias tóxicas en el aire, se elaboró un primer inventario de contaminantes tóxicos para la ZMVM; la importancia de este inventario se basa en los efectos a la salud pública que pueden ocasionar algunos contaminantes tóxicos, entre los cuales se pueden mencionar: gripas recurrentes, problemas de asma y en casos más severos cáncer.

Para determinar los tóxicos que serían inventariados se consultó la información publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), la cual incluye en el Acta de Aire Limpio (Section 112(b)(1) of the Clean Air Act) un listado donde considera 187 sustancias como contaminantes peligrosos del aire (HAP<sup>10</sup> por sus siglas en inglés), el listado de contaminantes urbanos peligrosos<sup>11</sup> y el listado de tóxicos persistentes bioacumulables<sup>12</sup>; y en nuestro país el listado de sustancias RETC de México<sup>13</sup>.

Se estimaron las toneladas anuales de 84 contaminantes considerados tóxicos, después de haber analizado las fuentes puntuales, de área, móviles y naturales, encontrándose solamente algunas metodologías de estimación según sea el caso para estas ochenta y cuatro especies.

La información compilada proporciona las emisiones de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM, por tipo de contaminante y fuente generadora, podrá ser utilizada para la evaluación del impacto de estos contaminantes y su posible regulación en un futuro. Así mismo el inventario de contaminantes tóxicos puede ser empleado para determinar los riesgos a la exposición de este tipo de contaminantes y en estudios de modelación de la calidad del aire.

Para futuros inventarios de contaminantes tóxicos al aire se deberá incrementar el número de compuestos tóxicos inventariados, así como las actividades que no fueron contempladas en el presente inventario por falta de información. Para esto es necesario impulsar el desarrollo de estudios en campo que permitan conocer más a detalle los contaminantes tóxicos de mayor importancia para las actividades inventariadas.

En la Tabla 7.6.1 se enlistan por orden de importancia los contaminantes tóxicos que se emiten en la ZMVM, en el cuál destaca la emisión de tolueno con aproximadamente 24,000 toneladas anuales, lo que representa el 24% de las emisiones de todas las fuentes inventariadas. Es importante resaltar que los 14 contaminantes descritos en la tabla representan cerca del 87% de

<sup>10</sup> <http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>; <http://www.epa.gov/ttnatw01/188polls.txt>:

<sup>11</sup> <http://www.epa.gov/ttn/atw/urban/fr19jy99.pdf>; <http://www.epa.gov/ttn/atw/urban/urbanfs.html>

<sup>12</sup> <http://www.epa.gov/pbt/fact.htm>

<sup>13</sup> <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/144/cap4.html>

las emisiones de todos los contaminantes tóxicos y los restantes 71 contaminantes sólo aportan el 13% de las emisiones.

**Tabla 7.6.1 Principales contaminantes tóxicos y actividades que los generan en la ZMVM**

| CAS       | Contaminante                   | Emisiones      |            | Actividad   | [ton/año]      | %          |
|-----------|--------------------------------|----------------|------------|---|----------------|------------|
|           |                                | [ton/año]      | %          |   |                |            |
| 108-88-3  | Tolueno                        | 23,959         | 24.0       | Autos Particulares  | 16,979         | 17.0       |
| 1330-20-7 | Xilenos (isómeros y mezclas)   | 7,893          | 7.9        | Limpieza en superficie industrial                                 | 9,219          | 9.2        |
| 71-55-6   | 1,1,1-Tricloroetano            | 7,388          | 7.4        | Recubrimiento de superficies Industriales                         | 7,998          | 8.0        |
| 1634-04-4 | Metil Terbutil Éter            | 6,347          | 6.3        | Rellenos sanitarios   | 6,998          | 7.0        |
| 67-56-1   | Metanol                        | 6,149          | 6.1        | Recubrimiento de superficies arquitectónicas (Pinturas vinílicas) | 5,749          | 5.8        |
| 79-01-6   | Tricloroetileno                | 5,858          | 5.9        | Uso doméstico y comercial de pesticidas                           | 4,380          | 4.4        |
| 108-38-3  | m-Xileno                       | 5,206          | 5.2        | Productos para el cuidado automotriz                              | 3,676          | 3.7        |
| 71-43-2   | Benceno                        | 4,491          | 4.5        | Vegetación  | 3,605          | 3.6        |
| 110-54-3  | n-Hexano                       | 3,794          | 3.8        | Motocicletas  | 3,347          | 3.3        |
| 540-84-1  | 2,2,4-Trimetilpentano          | 3,666          | 3.7        | Uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores               | 3,322          | 3.3        |
| 50-00-0   | Formaldehído                   | 3,540          | 3.5        | Artes gráficas  | 3,116          | 3.1        |
| 100-41-4  | Etil Benceno                   | 3,048          | 3.0        | Taxis   | 2,626          | 2.6        |
| 108-10-1  | Metil Isobutil Cetona (Hexona) | 2,766          | 2.8        | Microbuses  | 2,624          | 2.6        |
| 95-47-6   | O-Xileno                       | 2,494          | 2.5        | Lavado en seco (Percloroetileno)                                  | 2,513          | 2.5        |
| N.D.      | Otros (Incluye metales)        | 13,422         | 13.4       | Papel y productos de papel, imprentas y editoriales               | 2,398          | 2.4        |
|           |                                |                |            | Recubrimiento de superficies arquitectónicas (Pinturas acrílicas) | 2,378          | 2.4        |
|           |                                |                |            | Otras actividades (varias)  | 19,093         | 19.1       |
|           | <b>Total</b>                   | <b>100,021</b> | <b>100</b> | <b>Total</b>  | <b>100,021</b> | <b>100</b> |

Como se aprecia en la Tabla 7.6.1, en la ZMVM se emiten anualmente un poco más de 100 mil toneladas de contaminantes tóxicos, que se generan principalmente por la actividad de los autos particulares y por la limpieza y recubrimiento de superficies industriales que junto con las demás actividades que se enlistan en la tabla, generan cerca del 81% de los contaminantes tóxicos evaluados para este inventario.

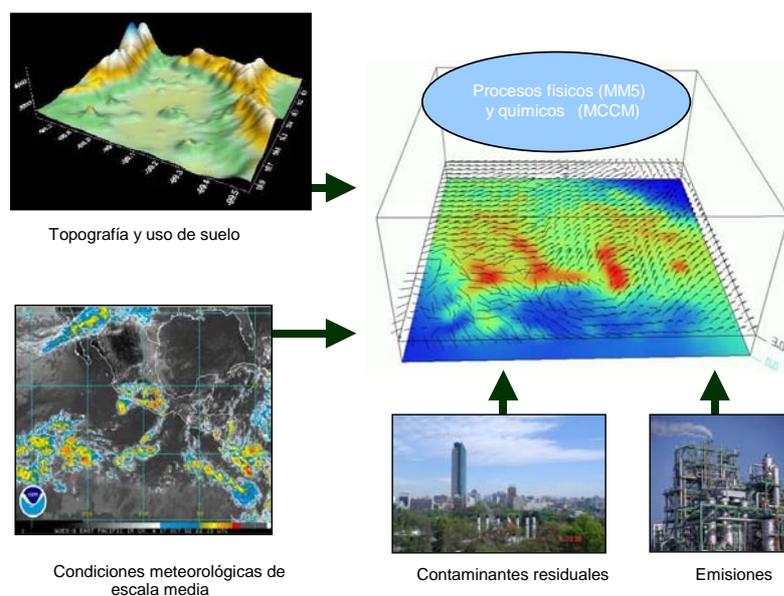
## 7.7 Modelación de medidas de control de emisiones y aplicación de modelos numéricos

Uno de los requerimientos fundamentales al diseñar y evaluar medidas para el control de emisiones, orientadas al abatimiento de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México, es la disponibilidad de herramientas que permitan relacionar las emisiones con la concentración de

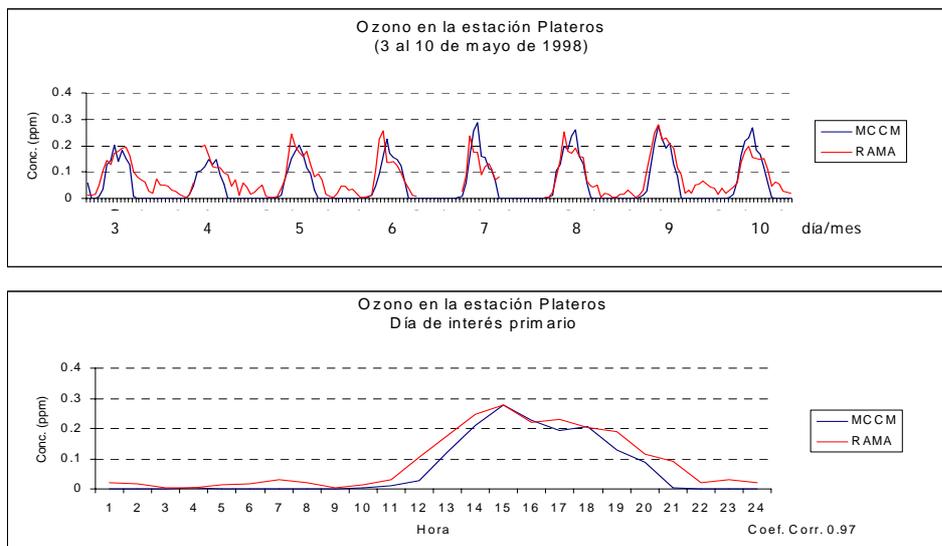


contaminantes en la atmósfera. Esto es posible mediante la aplicación de modelos numéricos que simulan la formación y la dispersión, considerando variables como la topografía, la meteorología y las emisiones.

A partir del año 1999, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal cuenta con personal entrenado para la aplicación de modelos numéricos y desde el año 2000 dispone del modelo Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM) desarrollado por el Instituto Fraunhofer de Alemania. Dicho modelo fotoquímico fue instalado, y continua teniendo soporte técnico y desarrollo por personal del mismo Instituto. MCCM cuenta con capacidad de anidamiento múltiple, lo cual permite utilizar coberturas de escala media y micro-escala; así mismo, tiene opción para modelar en terreno complejo (Figura 7.7.1). También puede estimar concentraciones de ozono, material particulado y otros contaminantes criterio; al estar acoplado al Modelo Meteorológico de Escala Media 5 ó MM5 (por sus siglas en inglés), realiza las estimaciones de variables meteorológicas y químicas con intervalos de tiempo de 3 a 6 segundos.



**Figura 7.7.1 Información de entrada para MM5 y MCCM y procesos desarrollados por ambos**



Nota. Durante el periodo modelado completo (arriba) y en el día 9 de Mayo de 1998, de interés primario (abajo).

#### Gráfica 7.7.1 Validación de las concentraciones de ozono estimadas (MCCM) vs RAMA

En los años 2000-2001 se desarrolló por primera vez en la SMA-GDF la información de emisiones distribuida geográfica y temporalmente, se realizó una caracterización de los compuestos orgánicos totales con perfiles de emisión y se efectuó la agregación del inventario de emisiones para el mecanismo de reacción Regional Acid Deposition Model 2, implantado en MCCM, desarrollándose entonces el inventario para modelación fotoquímica. Esto posibilitó la modelación de escenarios para simular diversas medidas de control de emisiones propuestas en el ProAire 2002- 2010, a instrumentarse en la ZMVM.

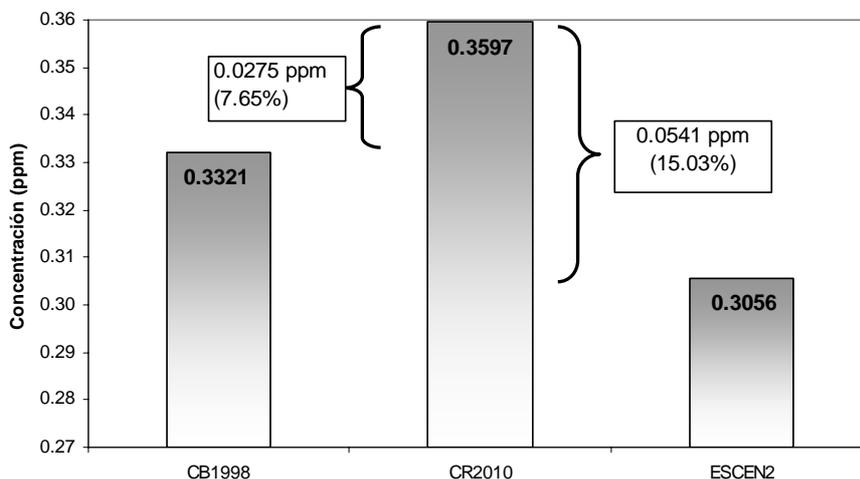
Dentro de las actividades para realizar la modelación numérica con MCCM, en el año 2001 se determinó el periodo de interés del 3 al 10 de Mayo de 1998 (CB 98), en el cual se presentaron condiciones adversas para la dispersión de contaminantes y favorables para la formación de ozono. Este periodo fue modelado y validado frente a las mediciones de ozono realizadas por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA), centrándose el análisis en el día 9 de Mayo, para el cual se obtuvieron coeficientes de correlación de 0.97 entre estimaciones y mediciones (Gráfica 7.7.1).

Unas de las primeras aplicaciones hechas con MCCM en el periodo 2001-2002 fue estimar la concentración de ozono, en el año 2010, al no aplicarse medidas de control de emisiones; y comparativamente, las concentraciones del mismo contaminante al aplicarse control de emisiones en fuentes fijas y móviles. Los resultados mostraron que de no aplicarse medidas de control, la concentración máxima de ozono podría incrementarse en 38 puntos IMECA de 1998 al 2010, mientras que al instrumentarse el control de las emisiones la concentración máxima del foto-

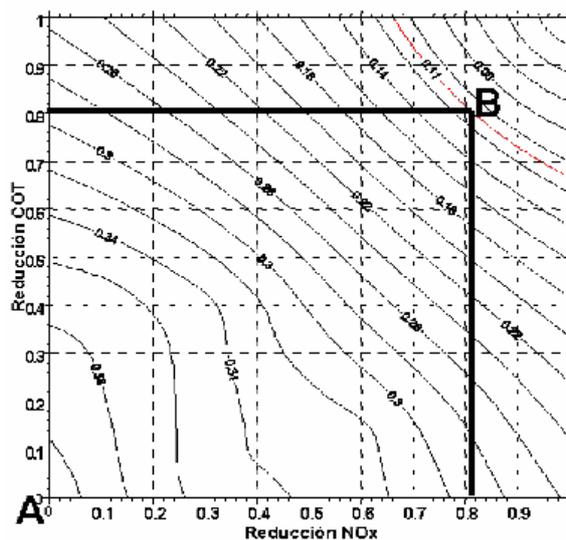


oxidante citado, no sólo no se incrementaría, sino que incluso podría disminuir 31 puntos IMECA, respecto a lo estimado en 1998 (Gráfica 7.7.2).

**Gráfica 7.7.2 Escenarios modelados para ozono utilizando MCCM**



Los resultados arriba citados fueron complementados con análisis paramétricos; en los cuales se realizaron múltiples aplicaciones de MCCM simulando reducciones al inventario de emisiones proyectado al año 2010, desde el año 1998. Los resultados obtenidos muestran que para que la concentración máxima de ozono no rebase la norma del mismo, deberían reducirse las emisiones hasta un 80 % para el año 2010 (Figura 7.7.2).

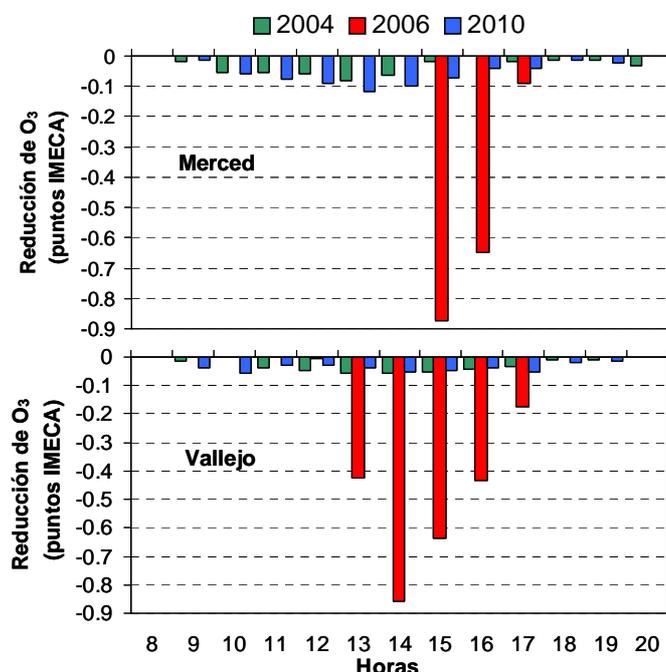


Nota: La línea roja marca la norma de ozono y el punto B señala la reducción de las emisiones a para llegar a dicha norma.

**Figura 7.7.2 Concentraciones máximas de ozono**

Durante el año 2003 se consideró importante analizar cuidadosamente las emisiones asociadas a la circulación del transporte de carga. Si bien este tipo de vehículos no son una fuente móvil con emisiones sobresalientes, sí afectan la velocidad de circulación en las avenidas que utilizan para entrar y salir durante sus actividades en la Ciudad de México. Para ello se planteó estimar las concentraciones de ozono en los dos escenarios siguientes: si el transporte de carga no circulara de 7 a 10 AM y si el transporte de carga no circulara de 7 a 9 AM, periodos importantes, pues en los mismos se vierten a la atmósfera las emisiones que horas mas tarde fomentan la acumulación de foto-oxidantes. Los resultados señalaron que durante la tarde se tendrían un ligero decremento de ozono, específicamente en las localidades Atizapán, Vallejo, Tlalnepantla, Xalostoc, Netzahualcoyotl, Tultitlán, Cuajimalpa e Iztapalapa; siendo parecidos los resultados obtenidos en ambos escenarios de prueba.

En el año 2004 fue necesario efectuar una revisión del “Programa Hoy No Circula”, ante lo cual se planteó analizar la contribución del programa a la mitigación de la contaminación por ozono. Para desarrollar el análisis de esta medida de control, se estimaron los vehículos que serían retirados de la circulación y sus emisiones asociadas en los años 2004, 2006 y 2010. En las estimaciones obtenidas para los años 2004 y 2006, las variaciones en las concentraciones de ozono fueron del orden de 0.1 puntos IMECA. Se espera que al continuar el programa hasta el año 2010, la concentración de O<sub>3</sub> disminuya cerca de un punto IMECA en las zonas Centro y Norte de la Ciudad de México (Gráfica 7.7.3); esto indica que la tendencia que tenía el PHNC se habrá revertido.

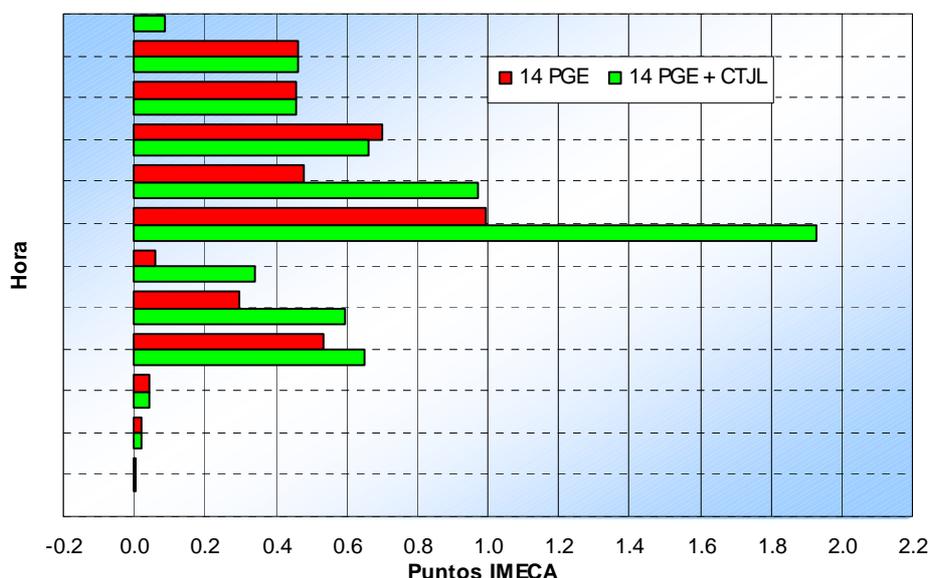


Gráfica 7.7.3 Arriba disminución de ozono en el sitio Merced y abajo disminución del mismo en Vallejo, como consecuencia de aplicar el “Programa Hoy No circula”



Dada la creciente demanda del suministro de energía eléctrica en la ZMVM, en el año 2005 se planteó la instalación de 14 plantas generadoras de energía eléctrica. Las cuales producirían cotidianamente 32 MW y emitirían 196 y 8 toneladas anuales de NOx y COT, respectivamente. Para ello se plantearon dos escenarios de prueba, uno donde se incorporarían las 14 plantas generadoras y otro donde, si bien estarían operando dichas plantas generadoras, se retiraría de operación la Central Termoeléctrica Jorge Luque (CTJL), actualmente en servicio.

El análisis de los escenarios mostró que si bien no se tendrían incrementos de ozono considerables, la zona afectada sería el Norte de la Ciudad de México, pues en el Noroeste se incrementaría el ozono 1.92 puntos IMECA al operar las 14 plantas generadoras más la CTJL; y 1.0 punto IMECA si sólo funcionan las 14 plantas generadoras nuevas, respectivamente (Gráfica 7.7.4). Mientras que en el Noreste, el aumento de ozono sería de 1.84 y 1.68 puntos IMECA, para cada escenarios citado.



**Gráfica 7.7.4 Estimaciones de ozono en el sitio ENEP Acatlan del Noroeste, al operar 14 plantas generadoras de electricidad y cerrar la termoeléctrica Jorge Luque (14 PGE) y al operar las mismas plantas conjuntamente con la central termoeléctrica (14 PGE + CTJL)**

También en el año 2005, la revisión de los límites permisibles de emisión en autos particulares a gasolina, requirió estimar las variaciones en las concentraciones de ozono derivadas de establecer límites permisibles más estrictos. Con esta estrategia de control se estimó que las emisiones de los autos particulares variarían de la siguiente forma: sin modificación se emitirían 537,203 kg/día de COT, 5'433,722 kg/día de CO y 331,970 kg/día de NOx; mientras que con los límites permisibles propuestos se emitirían 529,179 kg/día de COT, 5'247,278 kg/día de CO y 321,340 kg/día de NOx.

Como muestra la Tabla 7.7.1 la disminución de ozono más relevante al aplicar límites de emisión más estrictos en autos particulares a gasolina, sería de 2.4 puntos IMECA y se presentaría en Santa Úrsula. Otros sitios que también tendrían disminuciones de O<sub>3</sub> son Cerro de la Estrella y Taxqueña; con lo que podría mencionarse que es en la zona Sur donde se observarían beneficios al implantarse esta medida de control de emisiones.

**Tabla 7.7.1 Disminuciones de ozono (puntos IMECA) estimadas con límites de emisión más estrictos para autos a gasolina**

| Estación             | Sector   | Decremento de O <sub>3</sub> |        |        |
|----------------------|----------|------------------------------|--------|--------|
|                      |          | 12 AM*                       | 2 PM*  | 3 PM*  |
| Santa Úrsula         | Suroeste | 2.4089                       |        |        |
| Tlalpan              | Suroeste |                              | 0.0718 |        |
| Cerro de la Estrella | Sureste  |                              | 1.1502 | 0.1787 |
| Taxqueña             | Sureste  |                              | 0.6326 | 0.3795 |
| Tlalnepantla         | Noroeste |                              |        | 0.5551 |
| Azcapotzalco         | Noroeste |                              |        | 0.4037 |
| E.N.E.P. Acatlan     | Noroeste |                              |        | 0.3167 |
| Vallejo              | Noroeste | 0.0019                       | 0.0146 |        |
| Tultitlan            | Noroeste |                              |        | 0.0143 |
| Atizapan             | Noroeste |                              |        | 0.0007 |
| Hangares             | Centro   |                              | 0.2000 |        |
| Benito Juárez        | Centro   |                              |        | 0.1404 |
| Villa de las Flores  | Noreste  |                              |        | 0.0017 |

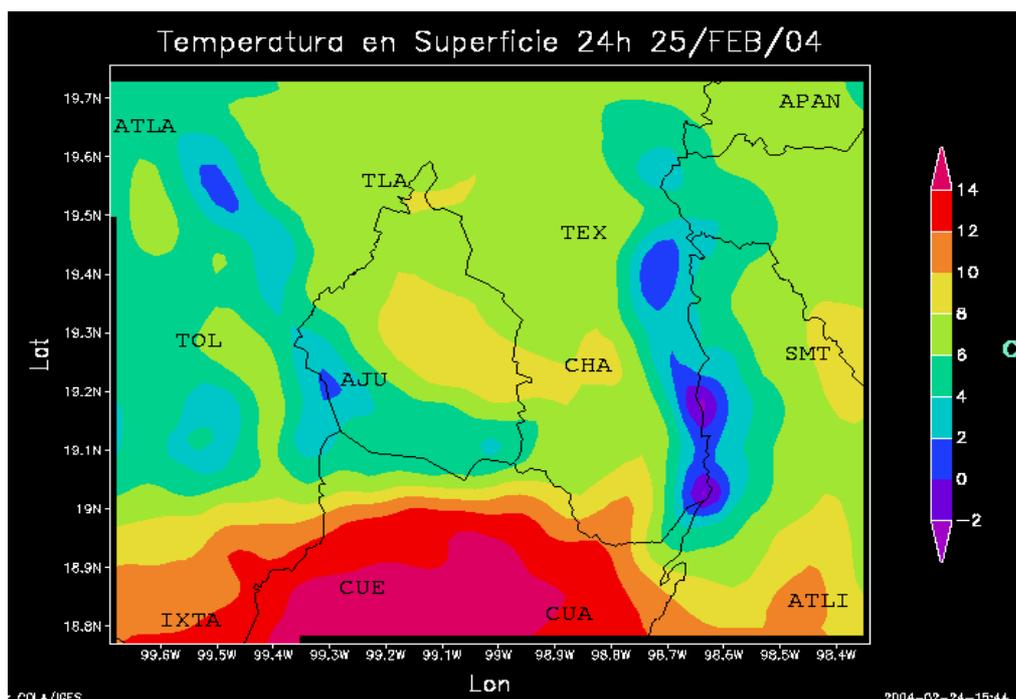
Con la finalidad de estimar conjuntamente el beneficio de algunas de las medidas de control de emisiones planteadas en el ProAire 2002-2010 que se han implantado en los últimos años, en el periodo 2005-2006 se modeló un escenario que incluye las siguientes: Modernización del Programa de Verificación Vehicular, Substitución de convertidores catalíticos, Programa ostensiblemente contaminante, Uso de combustibles alternos, Actualización del programa Hoy No Circula, Programa de autorregulación de unidades a diesel, Substitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad, Renovación de taxis, Renovación del transporte público operado por RTP, Construcción del segundo piso del periférico, otras vialidades y distribuidores, Programa de reducción de emisiones de las 300 industrias más emisoras, Reducción de fugas de gas licuado de petróleo y Construcción del corredor Insurgentes (Metrobús).

Puede resaltarse que las disminuciones netas de emisiones de COT (78 ton/día) y NO<sub>x</sub> (97 ton/día), se reflejaron en una disminución máxima de 8 puntos IMECA de ozono en el Suroeste de la Ciudad de México y en decrementos de este foto-oxidante superiores a 3 puntos IMECA en otros sectores excepto en el centro de la ciudad, donde se presentó una disminución de ozono no mayor a 1.7 puntos IMECA (Tabla 7.7.2). En general los sitios donde se estimaron los principales decrementos de ozono están asociados con vialidades primarias de tráfico vehicular importante. Por lo que se considera que las medidas de control con mayor influencia en tales decrementos, fueron las que afectaron la cantidad de emisiones en vialidades primarias, como la construcción de vialidades y distribuidores viales.



**Tabla 7.7.2 Variaciones de ozono en puntos IMECA, por sector de la Ciudad de México**

| Sector   | Sitio      | Decremento | Hora |
|----------|------------|------------|------|
| Suroeste | Cuajimalpa | 8.0        | 15   |
| Sureste  | Tláhuac    | 3.5        | 13   |
| Centro   | Cuitláhuac | 1.7        | 14   |
| Noroeste | Atizapán   | 4.0        | 11   |
| Noreste  | La Villa   | 3.0        | 14   |

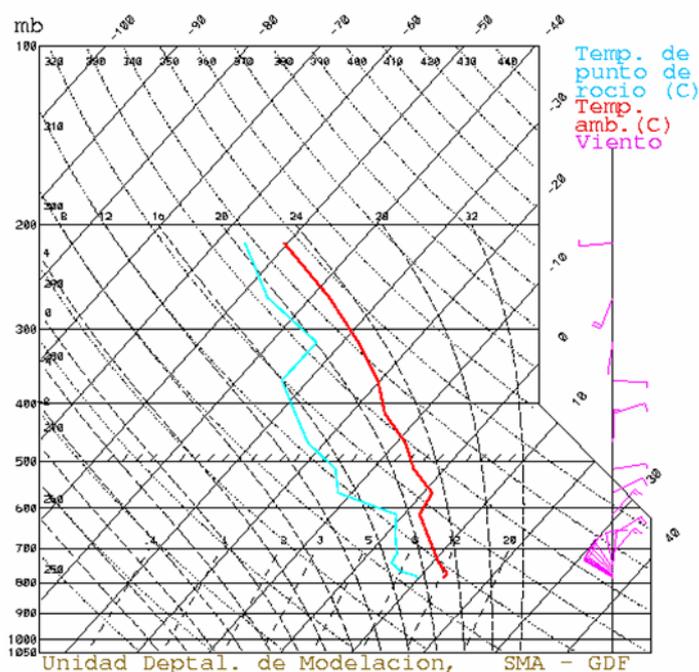


**Figura 7.7.3 Temperatura pronosticada para la ZMVM usando MM5**

Entre los modelos numéricos de mayor rendimiento para estimaciones meteorológicas pueden citarse a RAMS y MM5; ambos potencialmente aplicables en la ZMVM. Al respecto, en la SMA-GDF se ha trabajado con MM5 desde el año 2000, dado su constante desarrollo por la Universidad de Penn State, la disponibilidad de información que requiere y de los sistemas que lo conforman; además de que tiene capacidad para modelar terreno complejo, como es el caso de la ZMVM.

Por lo anterior, a partir del año 2004, MM5 es aplicado diariamente en forma automatizada para realizar un pronóstico numérico meteorológico a 48 horas de variables como viento, humedad y temperatura (Figura 7.7.3). Además se generan termodiagramas de sondeos meteorológicos modelados para Chalco, Acolman, Hangares, Tultitlán, Tacubaya y Pedregal (Figura 7.7.4), y cortes verticales atmosféricos con cinco perspectivas desde el Sur y cinco perspectivas desde el Oeste, las cuales dan un panorama de la advección desde la perspectiva del observador. Este servicio puede ser consultado en la página electrónica <http://www.sma.df.gob.mx/modelacion/>.

Cabe mencionar que el pronóstico numérico meteorológico es desarrollado diariamente en dos coberturas, una que incluye la región central de México y otra que comprende una región mayor a la ZMVM, incluyendo en ésta última al D. F. y parte de los estados de México, Morelos, Hidalgo y Puebla. Además, las estimaciones se efectúan considerando 21 capas verticales atmosféricas con una alta resolución cerca de la superficie. Asimismo, las estimaciones para ambas coberturas tienen resoluciones de 9 y 3 km. respectivamente, lo cual posibilita una descripción detallada de los campos de viento, temperatura y humedad en la Ciudad de México y los municipios periféricos a la misma, con localidades donde no hay mediciones continuas y que cuentan con múltiples asentamientos poblacionales.



**Figura 7.7.4 Termodiagrama con representación de temperatura y viento, referenciado a la estación Hangares de la RAMA**

Por otra parte, en los meses finales e iniciales de los últimos años se han observado mediciones atípicas de  $\text{SO}_2$ , y se ha asociado la presencia de éstas con emisiones extraordinarias de fuentes fijas. En la SMA-GDF se considera que se presentan tales emisiones extraordinarias cuando se registran concentraciones promedio horarias de  $\text{SO}_2$  superiores a 0.2 ppm. Dado lo anterior, se están explorando aplicaciones que permitan ubicar el origen de tales emisiones.

En este sentido, durante 2005-2006 se ha aplicado el modelo de trayectoria Flexpart, el cual utiliza gran parte de la información meteorológica generada por MM5 para caracterizar los procesos físicos en la capa límite. Así, la modelación con Flexpart permite determinar una trayectoria hacia



atrás, teniendo como origen las estaciones donde se midieron las concentraciones atípicas de  $\text{SO}_2$ , con lo que se puede estimar el recorrido que pudieron tener los contaminantes emitidos, desde su origen hasta llegar al punto donde fueron medidos.

Una vez determinado el camino por el cual se transportaron las emisiones, se identifican las fuentes puntuales ubicadas en dicho trayecto, y usando éstas como origen, se aplica Flexpart con trayectoria hacia delante, para verificar si una emisión liberada en la ubicación de las fuentes determinadas, se dispersaría hasta la localización de las estaciones donde se midió el  $\text{SO}_2$ . A la fecha, las estimaciones preliminares de Flexpart han mostrado que emisiones vertidas en Tula y Zumpango, podrían transportarse hacia la Ciudad de México (Figura 7.7.5).

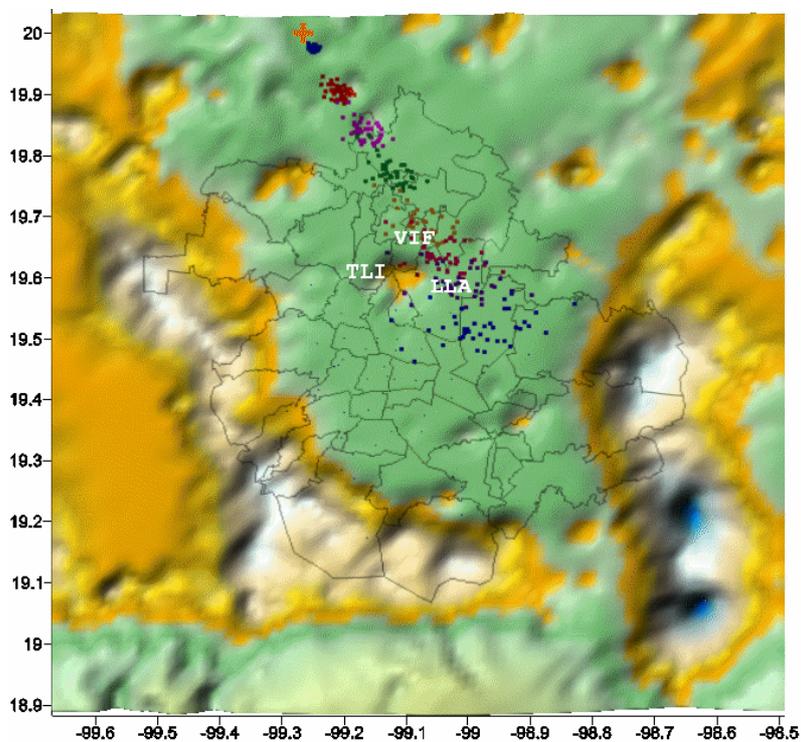


Figura 7.7.5 Simulación con el modelo Flexpart del transporte de  $\text{SO}_2$

## VIII. FUENTES ESTACIONARIAS

Las tendencias del desarrollo industrial plantean la necesidad de impulsar una política económica que mejore las condiciones de competitividad y especialización de la planta productiva que genere nuevas oportunidades de empleo e ingreso remunerativo a la población de la Zona Metropolitana del Valle de México.

No obstante, es conveniente que la industria siga avanzando de manera simultánea, en la consolidación y aplicación efectiva del marco regulatorio en materia ambiental en general y de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera en lo particular, de tal forma que se induzca a la modernización tecnológica, al mejoramiento de las prácticas de producción y a la instalación de sistemas de control de emisiones contaminantes cuando se requiera. Un requisito para lograr lo anterior es el fortalecer una cultura ambiental empresarial y laboral, así como brindar la capacitación en buenas prácticas orientadas a un mejor desempeño ambiental.

### 8.1 La industria ubicada en el Distrito Federal

En el Distrito Federal existen 28,025 establecimientos del sector manufacturero. Por el número de establecimientos el Distrito Federal ocupa el segundo lugar a nivel nacional. El subsector 31 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 contraparte el subsector que tienen menor representación en el Distrito Federal son las industrias metálicas básicas con el 1%. Lo anterior se puede apreciar en la Tabla 8.1.1.

**Tabla 8.1.1 Número de industrias ubicadas en el D.F. y su clasificación por giro industrial**

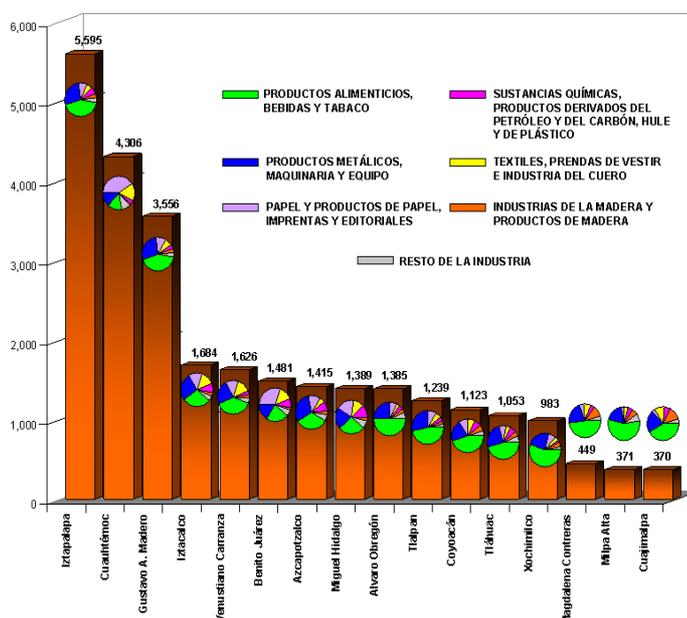
| Subsector | Descripción   | Número de establecimientos que reporta INEGI, 2004 | %          |
|-----------|---|--|------------|
| 31        | Producción de alimentos, bebidas y tabaco   | 10,176   | 36         |
| 32        | Producción de textiles, prendas de vestir e industria del cuero                           | 2,607  | 9          |
| 33        | Industria de la madera y productos de la madera incluye muebles                           | 1,031  | 4          |
| 34        | Producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales                          | 4,432  | 15         |
| 35        | Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y de carbón, de hule y del plástico | 1,650  | 6          |
| 36        | Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón         | 522  | 2          |
| 37        | Industrias metálicas básicas  | 44   | 1          |
| 38        | Manufacturas de productos metálicos, maquinaria y equipo                                  | 6,535  | 23         |
| 39        | Otras industrias manufactureras   | 1,028  | 4          |
|           |   | <b>28,025</b>                                      | <b>100</b> |

Fuente: INEGI; Características principales de las unidades económicas manufactureras, según entidad federativa y rama de actividad. [http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2004/cuadros/DF\\_GEN01.XLS](http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2004/cuadros/DF_GEN01.XLS), junio de 2006



El comportamiento que tiene la industria manufacturera a nivel delegacional es que sólo cuatro delegaciones concentran el 53% de las manufacturas, siendo las delegaciones Iztapalapa, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero e Iztacalco.

En 13 de las 16 delegaciones predomina el subsector de productos alimenticios, bebidas y tabaco. Para el caso de las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez predomina el subsector papel y productos de papel, imprentas y editoriales, y para la delegación Azcapotzalco el subsector productos metálicos, maquinaria y equipo. En las delegaciones Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza, sobresale el sector 31 producción de alimentos, bebidas y tabaco (aunque cerca del 50% se refiere a panaderías y tortillerías).



**Gráfica 8.1.1 Número de establecimientos y subsectores manufactureros por delegación**

De acuerdo con el tamaño de la industria, los 28,025 establecimientos manufactureros ubicados en el Distrito Federal se distribuyen de la siguiente manera: el 92% corresponde a la industria micro, el 5 % a la pequeña, el 2.6% a la mediana y sólo el 0.4% a la industria grande, ver Tabla 8.1.2.

**Tabla 8.1.2 Número de establecimientos manufactureros en el Distrito Federal**

| Tamaño       | Número de establecimientos | %          |
|--------------|----------------------------|------------|
| Micro        | 25,736                     | 92         |
| Pequeña      | 1,481                      | 5          |
| Mediana      | 689                        | 2.6        |
| Grande       | 119                        | 0.4        |
| <b>Total</b> | <b>28,025</b>              | <b>100</b> |

Nota: clasificados de acuerdo al número de empleados.  
Fuente: Censos Económicos 2004. INEGI.

Como se puede observar en la tabla anterior las industrias medianas y grandes solamente suman el 3%, comportamiento similar a la clasificación industrial por generación de emisiones contaminantes, ya que de acuerdo al inventario de emisiones para fuentes fijas, un 3% de la industria contribuye con más del 80% de las emisiones contaminantes, es decir las industrias más importantes en nivel de emisión se concentran en un pequeño grupo.

El número de industrias incluidas en el inventario de emisiones de fuentes fijas de la ZMVM en el 2004 fue de 4,946 industrias. De estas, 2,800 se ubican en el Distrito Federal, siendo 1,732 de jurisdicción local y 1,068 de jurisdicción federal. Las delegaciones que cuentan con mayor número de establecimientos son Iztapalapa, seguida por Azcapotzalco y Gustavo A. Madero.

Las industrias ubicadas en el Distrito Federal emiten 1,441 toneladas al año de PM<sub>10</sub>, 104 toneladas al año de PM<sub>2.5</sub>, 457 toneladas al año de SO<sub>2</sub>, 2,630 toneladas al año de NO<sub>x</sub> y 61,287 toneladas anuales de COV; las delegaciones con mayores emisiones industriales son Azcapotzalco e Iztapalapa. Tabla 8.1.3.

**Tabla 8.1.3 Emisiones industriales por delegación en el Distrito Federal**

| Delegación   | No. de Empresas | Emisiones [ton/año] |                   |                 |              |                 |               |               |                 |                 |
|--------------|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
|              |                 | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO           | NO <sub>x</sub> | COT           | COV           | CH <sub>4</sub> | NH <sub>3</sub> |
| A. Obregón   | 140             | 43                  | 2                 | 7               | 16           | 33              | 544           | 525           | 6               | 1               |
| Azcapotzalco | 456             | 602                 | 34                | 50              | 381          | 835             | 18,274        | 17,481        | 47              | 15              |
| B. Juárez    | 154             | 16                  | 1                 | 18              | 23           | 31              | 8,361         | 7,815         | 25              | 0               |
| Coyoacán     | 105             | 53                  | 2                 | 14              | 14           | 36              | 5,042         | 4,598         | 4               | 1               |
| Cuajimalpa   | 5               | 0                   | 0                 | 0               | 0            | 1               | 1             | 1             | 0               | 0               |
| Cuauhtemoc   | 192             | 165                 | 9                 | 8               | 95           | 236             | 4,242         | 4,006         | 135             | 1               |
| G.A. Madero  | 325             | 97                  | 12                | 144             | 149          | 620             | 5,081         | 4,870         | 107             | 3               |
| Iztacalco    | 286             | 154                 | 3                 | 50              | 27           | 71              | 4,112         | 4,039         | 4               | 1               |
| Iztapalapa   | 582             | 164                 | 12                | 66              | 182          | 226             | 8,125         | 7,886         | 40              | 4               |
| M. Contreras | 1               | 0                   | 0                 | 0               | 0            | 0               | 2             | 1             | 0               | 0               |
| M. Hidalgo   | 227             | 47                  | 19                | 27              | 207          | 321             | 4,814         | 4,492         | 74              | 4               |
| Milpa Alta   | 1               | 0                   | 0                 | 0               | 0            | 0               | 0             | 0             | 0               | 0               |
| Tláhuac      | 72              | 25                  | 3                 | 10              | 20           | 114             | 976           | 950           | 10              | 1               |
| Tlalpan      | 68              | 6                   | 1                 | 4               | 7            | 22              | 4,292         | 3,765         | 781             | 0               |
| V. Carranza  | 159             | 50                  | 5                 | 57              | 22           | 70              | 879           | 708           | 4               | 2               |
| Xochimilco   | 27              | 19                  | 1                 | 2               | 8            | 14              | 156           | 150           | 1               | 0               |
| <b>Total</b> | <b>2,800</b>    | <b>1,441</b>        | <b>104</b>        | <b>457</b>      | <b>1,151</b> | <b>2,630</b>    | <b>64,901</b> | <b>61,287</b> | <b>1,238</b>    | <b>33</b>       |

Fuente: Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004, SMA.

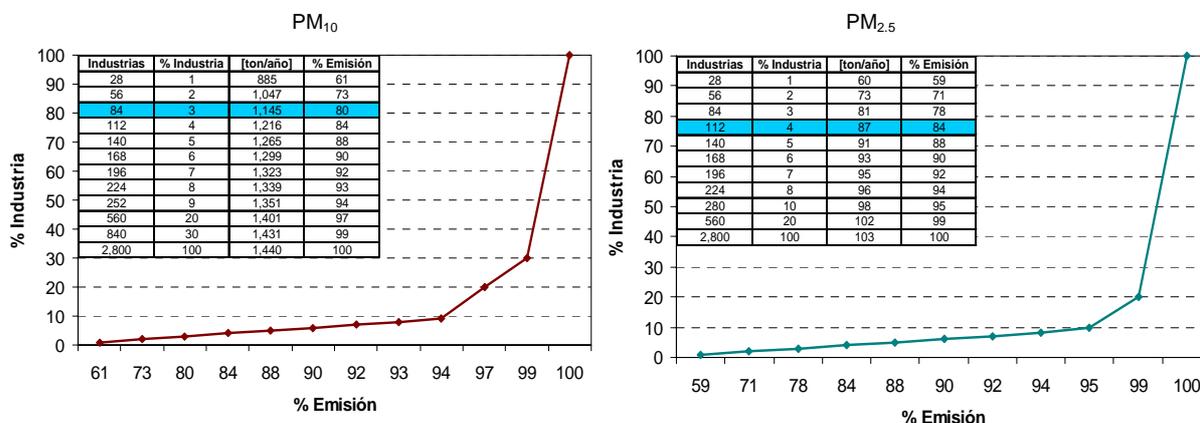
A continuación se presenta un análisis donde se determinó el número de industrias que son las mayores generadoras de emisiones para cada contaminante y a ellas se orientan las acciones de prevención y control.

### Partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>

La Gráfica 8.1.4 muestra que el 3% del sector industrial del Distrito Federal (84 industrias), contribuyen con el 80% de las emisiones de PM<sub>10</sub>, asimismo se observa que sólo el 4% del sector industrial, es decir 87 industrias, emiten el 84% de las emisiones de PM<sub>2.5</sub>, lo cual indica que los



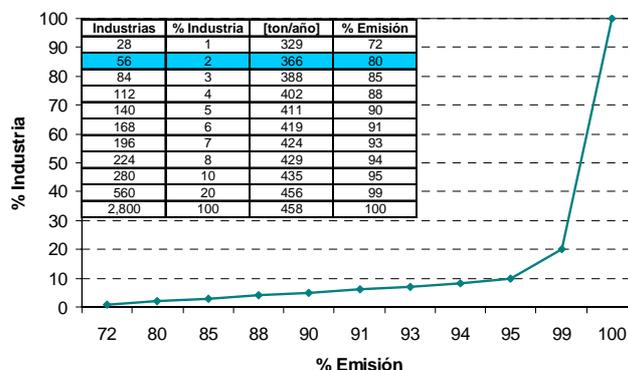
esfuerzos para controlar la emisiones de éstos contaminantes deben estar dirigidos hacia estas industrias las cuales se encuentran clasificadas dentro de los giros alimenticio, químico y productos metálicos.



Gráfica 8.1.2 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de PM<sub>10</sub> y de PM<sub>2.5</sub>

### Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

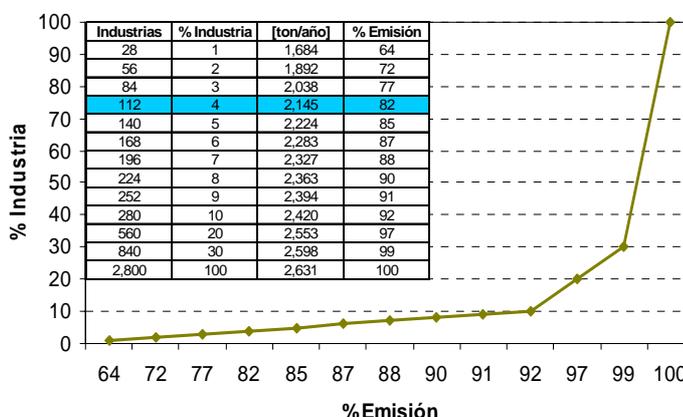
Con respecto a las emisiones de SO<sub>2</sub> de las fuentes puntuales, se tiene que el 2% de la industria (56 industrias) contribuyen con el 86% de las emisiones de este contaminante. Estas 56 empresas consumen combustibles líquidos, ya sea diesel con 0.04% de azufre en peso, o gasóleo con un contenido menor o igual al 1% de azufre en peso.



Gráfica 8.1.3 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de SO<sub>2</sub>

### Óxidos de nitrógeno (NOx)

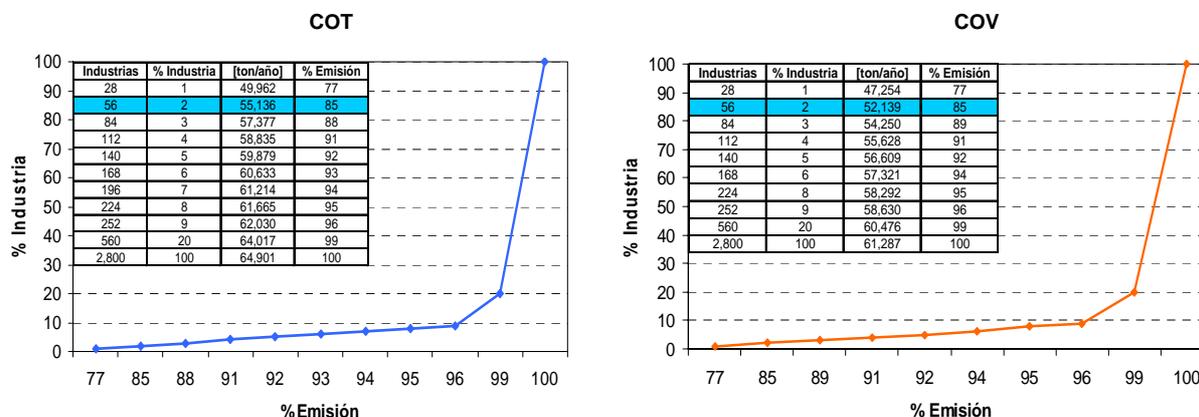
En la gráfica 8.1.6 se observa que el 4% de la industria contribuye con el 82% de las emisiones de NOx. Esto nos indica que tan sólo 112 industrias consumen la mayor parte del combustible que se distribuye en el Distrito Federal, considerándose las industrias metalmecánica, alimenticias y químicas como las de mayor consumo energético.



Gráfica 8.1.4 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de NO<sub>x</sub>

### Compuestos orgánicos totales y volátiles (COT y COV)

Para la emisión de COT y COV en el Distrito Federal, el 2% de la industria (56 industrias) contribuye con el 85% de las emisiones industriales de este contaminante. Cabe mencionar que debido a que los COV forman parte de los COT, el porcentaje de contribución de emisiones se mantiene igual al de los COT.



Gráfica 8.1.5 Porcentaje de empresas y su contribución a las emisiones de COT y COV

## 8.2 Reducción de emisiones en las 300 industrias más emisoras

Este programa inició con la selección por parte de la Dirección de Regulación Ambiental y la Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias (DIEFE) de las 314 industrias que contribuyen de manera importante en la generación de contaminantes del aire y/o del agua. Posteriormente la DIEFE con base en el análisis individual de emisiones de estos establecimientos o industrias, determinó que sólo 266 industrias de las seleccionadas contribuyen de manera importante en la generación de contaminantes del aire y de acuerdo con su jurisdicción 60 son



federales y 206 locales. Con estos 266 establecimientos se inició el programa de reducción de emisiones de las industrias más contaminantes al aire ubicadas en el Distrito Federal.

### Consumo energético

Para conocer la importancia del consumo total energético del sector industrial de la ZMVM y el referente al de las 266 industrias seleccionadas como más altas emisoras, primero nos referimos a la Tabla 8.2.1 donde se observa que el consumo energético total de la ZMVM del año 2004 fue de 543 PJ y de esta cantidad la industria consumió el 34% (185 PJ). La ubicada en el Distrito Federal sólo consumió un poco más de una quinta parte de este porcentaje (38 PJ).

**Tabla 8.2.1 Consumo energético por sector y entidad federativa, 2004**

| Sector                | Consumo energético [PJ] |            |            |
|-----------------------|-------------------------|------------|------------|
|                       | D.F.                    | Edo. Méx.  | ZMVM       |
| Transporte            | 156                     | 136        | 292        |
| Industria             | 38                      | 147        | 185        |
| Servicios             | 9                       | 5          | 14         |
| Residencial/Comercial | 29                      | 23         | 52         |
| <b>Total</b>          | <b>232</b>              | <b>311</b> | <b>543</b> |

N/S.- No Significativo. Fuente: SMAGDF/DGGAA-DIME.  
Elaborada con información de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, PEMEX Refinación, Secretaría de Energía, INEGI.

En la Tabla 8.2.2 se muestra que de los 38 petajoules de energía que demandan las industrias ubicadas en el Distrito Federal, las 266 industrias seleccionadas consumen poco más de la mitad de esta energía (20 PJ), que equivale a casi un 4% del total energético demandado por su sector en toda la ZMVM.

**Tabla 8.2.2 Consumo energético del sector industrial por tipo de combustible, 2004**

| Combustible                   | Consumo [PJ] |                  |                              |
|-------------------------------|--------------|------------------|------------------------------|
|                               | ZMVM         | Distrito Federal | 270 Industrias seleccionadas |
| Gas Natural                   | 169          | 29               | 13.6                         |
| Gas LP                        | 6            | 5                | 2                            |
| Diesel Industrial bajo Azufre | 10           | 4                | 1.2                          |
| <b>Total</b>                  | <b>185</b>   | <b>38</b>        | <b>20</b>                    |

Fuente: SMAGDF/DGGAA-DIME elaborada con información de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, PEMEX Refinación, Secretaría de Energía y las Cédulas de Operación Anual.

### Emisiones de las 266 industrias seleccionadas

Respecto a las emisiones de NO<sub>x</sub>, resalta la contribución de la industria federal, ya que con sólo el 23% de las 266 industrias contribuyen con el 66% de las más de 1,300 toneladas que se generan; referente a las emisiones de PM<sub>10</sub>, COT y COV, la industria de jurisdicción local emite el 74%, 73%, y 76% respectivamente de las emisiones contaminantes generadas por las industrias seleccionadas, ver Tabla 8.2.3.

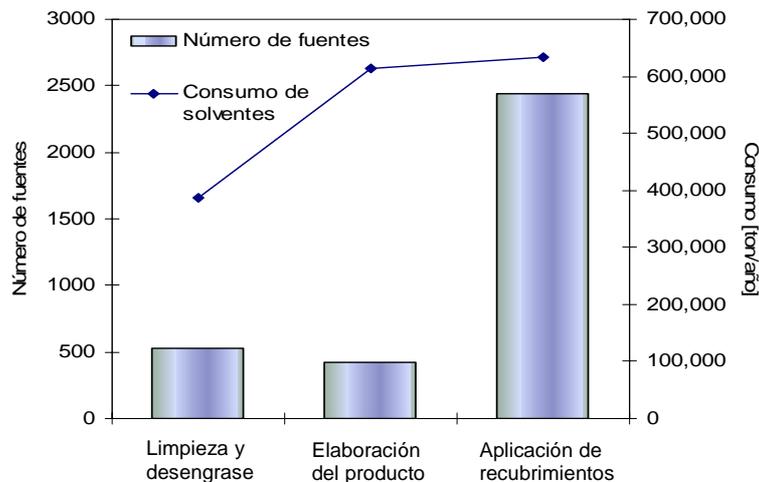
**Tabla 8.2.3 Emisiones de las industrias seleccionadas ubicadas en el D.F. por jurisdicción**

| Jurisdicción | No. de Industrias |            | Emisiones        |            |                 |            |               |            |               |            |
|--------------|-------------------|------------|------------------|------------|-----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
|              |                   |            | PM <sub>10</sub> |            | NO <sub>x</sub> |            | COT           |            | COV           |            |
|              | #                 | %          | [ton/año]        | %          | [ton/año]       | %          | [ton/año]     | %          | [ton/año]     | %          |
| Federal      | 60                | 23         | 167              | 26         | 906             | 66         | 4,139         | 27         | 3,437         | 24         |
| Local        | 206               | 77         | 473              | 74         | 472             | 34         | 11,338        | 73         | 11,044        | 76         |
| <b>Total</b> | <b>266</b>        | <b>100</b> | <b>6,402</b>     | <b>100</b> | <b>1,378</b>    | <b>100</b> | <b>15,320</b> | <b>100</b> | <b>15,320</b> | <b>100</b> |

Desde la implementación del programa, se han realizado visitas de verificación industrial en los establecimientos contemplados, se han firmado 8 convenios con Cámaras o sectores para promover el cambio de combustibles líquidos a gaseosos, se han integrado al programa de autorregulación 51 empresas, se han sometido a la auditoría ambiental 38 empresas y se han instalado equipos de control de emisiones en 16 empresas más. Asimismo se ha otorgado la exención al Programa de Contingencia Ambientales Atmosférica a 54 industrias por cumplir con los límites de emisión establecidos en el PCAA o por haber instalado equipo de control de emisiones. A la fecha se han reducido 479 toneladas de COV, 177 toneladas de NO<sub>x</sub> y 1,709 toneladas de PM<sub>10</sub>.

### 8.3 Distribución y consumo de solventes en la ZMVM

En la ZMVM se analizó la distribución y consumo de solventes con la finalidad de elaborar un diagnóstico de los más utilizados por la industria y sus emisiones, conocer las principales características, usos y manejo de algunos ellos e identificar los subsectores para los que sea necesario la realización de estudios de perfiles de emisión e implementación de normas que regulen sus emisiones de COV, evaluar el Inventario de Emisiones de fuentes fijas en la ZMVM de acuerdo al consumo de solventes y evaluar la factibilidad de sustituir o reducir las sustancias reactivas en la elaboración de pinturas, adhesivos, tintas y diluyentes comercializados.



**Gráfica 8.3.1 Comparativo de consumo de solventes por número de fuentes y actividad**



Se estimó que en el 2002, el consumo de solventes para la ZMVM fue de 1'632,286 toneladas al año, distribuidas de la siguiente manera: en limpieza y desengrase se consumieron 387,450 toneladas (24%), en la elaboración del producto 612,509 toneladas (37%) y en la aplicación de recubrimientos se consumieron 632,327 ton (39%).

#### **8.4 Programa de exención al PCAA**

Durante la presente administración, de diciembre de 2000 a septiembre 2006, se han otorgado un total de 105 oficios de exención al Programa de Contingencia Ambientales Atmosférica (PCAA) a 54 industrias, por cumplir con los límites establecidos para exentar o por haber instalado equipo de control de emisiones y reducir en más de un 30% su línea base de emisiones, además de cumplir integralmente con la normatividad ambiental vigente en materia de emisiones atmosféricas. La diferencia entre el número de oficios de exención otorgados y el número de industrias se debe a que este trámite debe ser revalidado anualmente, por lo que una misma empresa puede tener más de un oficio de exención. Se estima que con esta medida se han dejado de emitir anualmente más de 2,300 toneladas de contaminantes.

En el año 2001 se recibieron un total de 7 solicitudes pero únicamente exentaron 2 empresas, ya que las demás no cumplían con los requisitos necesarios para poder exentar el PCAA. Para el año 2002, el número de industrias aumentó a 3, pero nuevamente en 2003 el número de industrias exentas volvió a ser de 2.

Con estos antecedentes la Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias se dio a la tarea de invitar a participar de manera voluntaria a aquellas empresas del Distrito Federal que de acuerdo con un análisis realizado a la base de datos del inventario de emisiones fueran candidatas a exentar el PCAA. Por lo que a partir del año 2004 el número de industrias exentas aumentó a 17 y para el 2005 este número de industrias se incrementó al doble respecto del año anterior.

En el año de 2006, se otorgó la exención al PCAA a un total de 49 industrias, las cuales se muestran en la Tabla 8.4.1, con las reducciones de contaminantes alcanzadas con las acciones realizadas dentro de este programa.

Para alcanzar las reducciones presentadas las industrias enlistadas en su mayoría realizaron acciones para controlar o reducir sus emisiones a la atmósfera, ya sea instalando equipos de control o modificando parte de sus procesos. Así tenemos que para controlar sus emisiones de partículas de manera general estas empresas instalaron filtros de cartucho o de bolsa, colectores de partículas del tipo neumático y ciclónicos. En lo referente al control de las emisiones de NO<sub>x</sub> se instalaron quemadores de bajo NO<sub>x</sub> y recirculadores de gases, así mismo se instrumentaron sistemas para el ahorro de combustible; en cuanto al control de emisiones de COV algunas de

Fuentes Estacionarias

estas empresas instalaron equipos como incineradores de gases, cámaras de recuperación de solventes y filtros absorbedores.

**Tabla 8.4.1 Industrias exentas del PCAA agrupadas por giro y reducción de emisiones**

| Giro                                     | Razón social   | Reducciones<br>[ton/año] |       |        | Equipo instalado  |
|--|--|--------------------------|-------|--------|---|
|  |  | PM <sub>10</sub>         | NOx   | COV    |   |
| Productos alimenticios, bebidas y tabaco | Barcel, S.A de C.V. Planta Ricolino                              | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Bimbo, S.A. de C.V. Planta-1 (Santa Maria 117)                   | 13.43                    | 0.09  | 0.00   | Colector de polvos ciclones y tipo Pulse Jet; regulador aire-combustible  |
| Productos alimenticios, bebidas y tabaco | Bimbo, S.A. de C.V. Planta-1 (Santa Maria 118)                   | 1.31                     | 0.04  | 0.00   | Filtros de polvos tipo bolsa y regulador aire-combustible   |
|  | Bimbo, S.A. de C.V. P- 2 (Azcapotzalco)                          | 11.40                    | 0.20  | 0.00   | Colectores de polvos tipo ciclón y tipo bolsa, regulador aire-combustible e intercambiador térmico                                    |
|  | Bimbo, S.A de C.V P-4 (Wonder)                                   | 2.40                     | 1.72  | 0.00   | Colectores de polvos tipo pulse jet y recirculador de gases   |
|  | Bimbo, S.A. de C.V. P-5 (Marinela)                               | 5.80                     | 0.00  | 0.00   | Precipitador electrostático, colectores de polvos tipo pulse jet  |
|  | Bimbo, S.A. de C.V. P- 6 (Galletas Lara)                         | 3.16                     | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos de limpieza neumática  |
|  | Cervecería Modelo, S.A. de C.V.                                  | 109.20                   | 166.9 | 479.00 | Colectores de polvos de limpieza neumática, quemadores de bajo NOx y recirculadores de gas, absorbedores y filtros de carbón activado |
|  | Cigarros la Tabacalera Mexicana, S.A. de C.V.                    | 14.40                    | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvo tipo filtros de manga y lavador de gases  |
|  | Chocolatera Anáhuac, S.A.  | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | DEIMAN, S.A. de C.V.   | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Dulces La Josefina, S.A. de C.V.                                 | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Extractos y Maltas, S.A. de C.V.                                 | 22.60                    | 5.19  | 0.00   | Colectores de polvos tipo pulse jet, recirculadores de gases  |
|  | Fábrica de Dulces Chicletín, S.A. de C.V.                        | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Fábrica de Harinas Elizondo, S.A. de C.V.                        | 32.59                    | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos de limpieza neumática  |
|  | FERVIG, S.A. de C.V.   | 0.01                     | 0.30  | 0.00   | Trampa de partículas y regulador de aire-combustible en la caldera  |
|  | Industrial Molinera San Vicente Paul, S.A. de C.V                | 258.95                   | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos de limpieza neumática  |
|  | Lala de México, S.A. de C.V.                                     | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | PBG Electropura, S. de R. L. de C.V. (Clavería)                  | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | PBG Electropura, S. de R. L. de C.V. (Tlalpan)                   | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | PBG Electropura, S. de R. L. de C.V. (Vallejo)                   | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | PBG Embotelladora Metropolitana, S. de R. L. de C.V. (Acoxpa)    | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | PBG Embotelladora Metropolitana, S. de R. L. de C.V. (Iztacalco) | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Pepsico Grupo Gamesa, S.A. de C.V. (Iztapalapa)                  | 0.27                     | 0.00  | 0.00   | Colector de polvos de limpieza neumática  |
|  | PEPSICO Grupo Gamesa, S. de R.L. de C.V. (Tepeyac)               | 1.00                     | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos de limpieza neumática  |
|  | PEPSICO Grupo GAMESA, S. de R.L. de C.V. (Vallejo)               | 9.10                     | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos tipo pulse jet y cambio de silos para recepción de harina  |
|  | PEPSICO MAIZORO, S. de R. L. de C.V.                             | 1,187.50                 | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos tipo ciclón y de limpieza neumática  |
|  | PEPSICO Sabritas, S. de R. L. de C.V. (MAFER)                    | 8.20                     | 0.00  | 0.00   | Colectores de polvos de tipo ciclón y filtros de partículas   |
|  | PEPSICO Sabritas, S. de R. L. de C.V. (Vallejo)                  | 4.15                     | 0.80  | 0.00   | Colectores de polvos tipo ciclón, filtros de partículas y regulador automático de aire-combustible                                    |
|  | Productos del Convento, S.A. de C.V.                             | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |
|  | QUESOMEX, S.A. de C.V.   | 0.00                     | 0.00  | 0.00   | Exenta por bajas emisiones  |



Continúa Tabla 8.4.1

|  |  |              |            |            |   |
|--|--|--------------|------------|------------|---|
| Textiles,<br>prendas de<br>vestir e<br>industrias del<br>cuero                                     | Trajes Internacionales, S.A. de C.V.                                   | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Yale de México, S.A. de C.V.   | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
| Artes<br>gráficas  | Imprenta Juventud, S.A. de C.V.  | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
| Sustancias químicas,<br>productos derivados del<br>petróleo y de carbón, de<br>hule y del plástico | Botofin, S.A. de C.V.  | 0.69         | 0.00       | 0.00       | Colectores de polvos de tipo<br>filtros bolsa                                     |
|  | Calzados Sandak, S.A. de C.V.  | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Cosbel, S.A. de C.V.   | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Cosmetica., S.A. de C.V.   | 0.05         | 0.00       | 0.00       | Colector de polvos tipo filtros<br>bolsa  |
|  | Fábrica de Velas y Veladoras Famosa, S.A. de C.V.                      | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Graciela Ruth Rodríguez Escutia  | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
|  | PROBEMEX, S.A. de C.V.   | 13.75        | 0.00       | 0.00       | Colector de polvos de limpieza<br>neumática                                       |
|  | Reactivos y Limpieza Dogo, S. A. de C. V.<br>201 Oficial, S.A. de C.V. | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
| Productos<br>minerales no<br>Metálicos   | Abrasivos AUSTROMEX, S.A. de C.V.                                      | 4.42         | 0.00       | 0.00       | Colectores de polvos de<br>limpieza neumática                                     |
|  | Concretos Cruz Azul, S.A. de C.V. P-05 (Imán)                          | 2.04         | 0.00       | 0.00       | Colector de polvos tipo filtro de<br>mangas                                       |
|  | Concretos Cruz Azul, S.A. de C.V. P-12 (Iztapalapa)                    | 1.64         | 0.00       | 0.00       | Colector de polvos tipo filtro de<br>mangas                                       |
|  | Concretos Cruz Azul, S.A. de C.V. P-24 (Vallejo)                       | 2.32         | 0.00       | 0.00       | Colector de polvos tipo filtro de<br>mangas                                       |
| Fabricación<br>de productos<br>Metálicos   | Alma Consuelo Domínguez Ramírez  | 0.00         | 0.00       | 0.00       | Exenta por bajas emisiones  |
|  | Eaton Electrical Mexicana, S.A.  | 0.08         | 0.00       | 0.00       | Cabina de pintura con cortina<br>de agua y filtro de partículas<br>tipo cartuchos |
| <b>TOTAL</b>   |  | <b>1,709</b> | <b>175</b> | <b>479</b> |   |

## IX. FUENTES MÓVILES EN EL DISTRITO FEDERAL

### 9.1 Verificación vehicular

La verificación de emisiones vehiculares es, sin lugar a dudas, el programa ambiental más importante enfocado a la prevención y control de la contaminación generada por los automotores en la Ciudad de México. Su importancia radica en que con este programa se logra mantener a los vehículos operando dentro de límites aceptables de emisión además de facilitar y en su caso administrar la aplicación de otras medidas ambientales aplicables a los vehículos en circulación.

La Comisión de Ecología del entonces Departamento del Distrito Federal inicia la operación de un programa gratuito de verificación vehicular en 1982, la operación del programa se realizaba con 13 centros en donde los automovilistas acudían voluntariamente a revisar la concentración de monóxido de carbono, el cual se cotejaba con lo establecido en el manual "Champion", empresa fabricante de bujías, elaborado con las especificaciones de la industria automotriz.

A partir de 1988 la verificación vehicular se convirtió en obligatoria, otorgándose autorizaciones para su ejecución a los llamados centros-taller<sup>1</sup>, a fin de cubrir la demanda del servicio, realizándose una verificación anual. En ese año se inició el uso oficial y obligatorio de calcomanías de verificación de serigrafía<sup>2</sup>.

Entre 1992 y 1996 se gestaron cambios graduales en la infraestructura y operación del programa de verificación vehicular, de forma tal que dejaron de operar los centros-taller y los centros propiedad del Departamento del Distrito Federal, para dar lugar a la operación de centros multilínea operados por diversas empresas dedicados exclusivamente a la verificación vehicular<sup>3</sup>.

Un año después se vinculó el programa de verificación vehicular con la exención del programa Hoy No Circula a los vehículos de baja emisión de contaminantes, mediante el otorgamiento del holograma cero "0", asimismo se comenzó a evaluar la emisión de óxidos de nitrógeno en todos los vehículos de ciclo Otto.

Para 1999 inicia la exención de la verificación vehicular a todos aquellos vehículos cuyas emisiones vehiculares cumplieran con los parámetros normativos que se aplicarían en el año 2001, utilizando el holograma "00" para la identificación de dichos vehículos. Asimismo, da inicio el programa de sustitución de convertidores catalíticos de los vehículos modelo 1993 matriculados en la Zona Metropolitana del Valle de México.

---

<sup>1</sup> Talleres mecánicos a los que se les autorizó la realización de la verificación de emisiones vehiculares llegando a sumar más de 900 los centros autorizados.

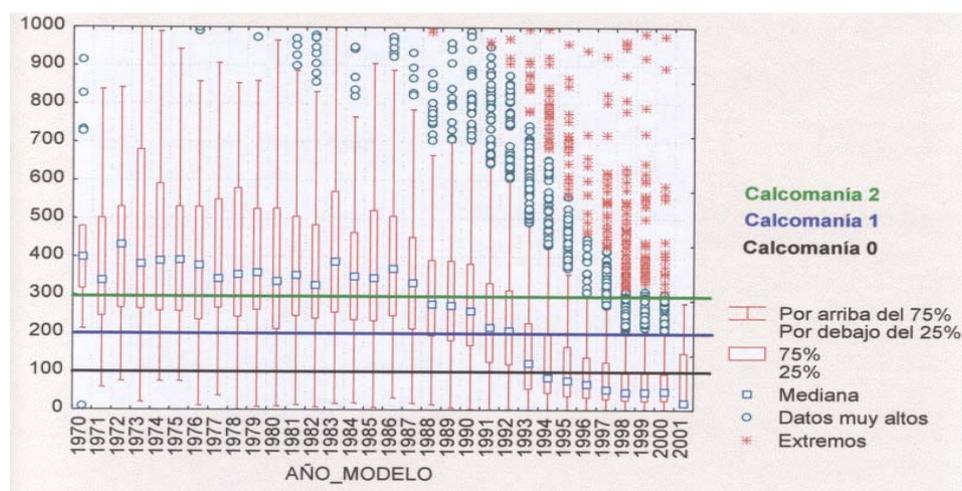
<sup>2</sup> Los hologramas comenzaron a utilizarse en 1991 y el objetivo de su uso fue el evitar la falsificación de las calcomanías de serigrafía.

<sup>3</sup> Estos centros de verificación de emisiones reciben el nombre de Verificentros.



Un año después, por encargo de la Comisión Ambiental Metropolitana, se realizaron tres estudios en donde se analizó el Programa de Verificación Vehicular en el Valle de México. El Instituto Mexicano del Petróleo realizó la denominada “Auditoría Integral al Programa de Verificación Vehicular”. Otro de los estudios fue realizado por la empresa ICF Consulting quienes auditaron el “Proyecto de Administración de Transporte y Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México” en donde uno de los componentes es la verificación vehicular. El último estudio fue realizado por el Instituto Tecnológico de Massachussets bajo la coordinación del Dr. Mario Molina, en donde, al igual que el estudio anterior, la evaluación del programa de verificación fue sólo una de las componentes del “Programa Integral sobre Contaminación Urbana, Regional y Global”.

Los resultados obtenidos de los tres estudios fueron muy similares, mostraban un programa de verificación metropolitano que generaba menos beneficios de los esperados, tan sólo en la evaluación de las emisiones de los vehículos en circulación utilizando sensor remoto, se detectó que más del 50% de los vehículos sin convertidor catalítico circulaban con emisiones de hidrocarburos superiores a los establecidos en las normas oficiales mexicanas correspondientes<sup>4</sup>.



**Figura 9.1.1 Emisiones de la flota de la ZMVM en el 2001**

El estudio realizado por el Doctor Mario Molina presentó un resumen de las fortalezas y debilidades del programa de verificación vehicular metropolitano, que se listan en la Tabla 9.1.1.

Derivado de los resultados obtenidos en los estudios realizados en el 2000 así como de la evaluación propia del estatus del programa, se realizaron una serie de acciones tendientes a atacar las debilidades detectadas de forma tal que se mejorara la operación y eficiencia del

<sup>4</sup> Esta información debe tomarse con reserva ya que el protocolo de medición de las emisiones vehiculares normado en el país es totalmente distinto al procedimiento utilizado en la evaluación de las emisiones con el sensor remoto. Sin embargo, la medición con el sensor remoto es un indicador de las condiciones ambientales de la flota vehicular.

programa. A continuación se mencionan los cambios más importantes realizados a la verificación de emisiones vehiculares en el lapso comprendido entre 2001 y 2006.

**Tabla 9.1.1 Fortalezas y debilidades del Programa de Verificación Vehicular Metropolitano**

| <b>FORTALEZAS</b>  | <b>DEBILIDADES</b>   |
|--|--|
| <p>Los gobiernos del D.F. y del Estado de México han creado unidades administrativas con personal, equipo y procedimientos específicos para atender las necesidades del programa.</p> <p>Existe el marco legal que soporta al programa.</p> <p>Las normas han evolucionado a procedimientos y niveles de emisión cada vez más estrictos.</p> <p>Existe infraestructura suficiente para atender 3.5 millones de automotores semestralmente.</p> <p>Existe una red de empresas asociadas al Programa que operan en el ámbito local.</p> <p>La Comisión Ambiental Metropolitana atiende, discute y resuelve sobre asuntos de interés entre las dos entidades.</p> | <p>Hay migración de verificaciones al Estado de México en donde se presume que la verificación es más laxa.</p> <p>Existen diferencias en equipamiento y operación entre los Verificentros del DF y los del Estado de México.</p> <p>Se ha creado una red de talleres de preverificación cuyos servicios no están regulados y están vinculados con actos de corrupción.</p> <p>Los centros de control computarizados del DF y Estado de México no están interconectados entre sí y no recuperan automáticamente los archivos de los Verificentros.</p> <p>La verificación de unidades diesel es ineficaz.</p> <p>No existen Verificentros autorizados por la SCT ni operativos de detección y detención de unidades con humo realizadas por dicha dependencia.</p> |

### **Separación del programa metropolitano**

De acuerdo a los estudios realizados, existía una migración de vehículos matriculados en el Distrito Federal que preferían cumplir con la obligación de verificar sus emisiones en los verificentros del Estado de México dadas las presuntas facilidades para aprobar que en dichos centros de verificación existían.

Adicionalmente a los estudios, al revisar el comportamiento histórico de la verificación vehicular en el Distrito Federal se percibían decrementos en el número de vehículos verificados conforme se aplicaban medidas de mejoramiento en el seguimiento institucional de las actividades de los Verificentros.

Dada esta situación, la primera medida tomada fue la obligatoriedad de realizar la verificación de emisiones vehiculares en la entidad en donde estuvieran matriculadas las unidades, de forma tal que a partir del primero de enero del 2001 todos los vehículos matriculados en el Distrito Federal estuvieron imposibilitados de verificar en los Verificentros ubicados en el Estado de México.

Esta acción fue acordada con las autoridades ambientales del Estado de México y se determinó temporal en tanto se lograba homologar la operación de los Verificentros de ambas entidades. Los trabajos de homologación dieron inicio a partir del primero de enero del 2001, acordándose revisar la operación e infraestructura existente en los Verificentros, así como el seguimiento técnico, administrativo y jurídico que cada gobierno realiza.



Desafortunadamente los trabajos de homologación estuvieron fuertemente presionados por parte de los titulares de los Verificentros del Estado de México quienes externaban su malestar por la abrupta caída en la demanda de servicio de verificación que presentaron dada su imposibilidad de atender unidades del Distrito Federal.

Esta presión tensó las relaciones existentes entre las autoridades ambientales de ambos gobiernos, situación que provocó la suspensión de los trabajos de homologación en septiembre del 2001 a pesar de los importantes avances logrados hasta ese momento. Los avances más significativos del proceso de homologación fueron:

- ✓ Mejoramiento del comportamiento ambiental del parque vehicular matriculado en el Distrito Federal.<sup>5</sup>
- ✓ Mejoramiento de la infraestructura de aseguramiento de la calidad de los Verificentros del Estado de México que en un alto porcentaje carecían de sistema de video y/o aforo.
- ✓ Mejoramiento de la operación de los Verificentros en el Estado de México quienes incrementaron de 7.9 a 13.6 el porcentaje de vehículos detectados fuera de norma y que debieron ser reparados para presentarse nuevamente a verificar.
- ✓ Mejoramiento de los equipos de analizadores de gases en ambas entidades.
- ✓ Intercambio de información de los programas de verificación vehicular entre ambos gobiernos situación que permite mejorar la elaboración de los inventarios de emisiones.
- ✓ Control del parque vehicular matriculado en la entidad respectiva, situación que impide la evasión del cumplimiento del programa, que permite dar seguimiento al comportamiento ambiental de grupos de vehículos o vehículos particulares, así como la aplicación de programas transversales en apoyo a otras secretarías.
- ✓ Se aprobó la realización de un sistema de alertas automático sobre las actividades irregulares que pudieran ocurrir en los Verificentros de ambas entidades.<sup>6</sup>

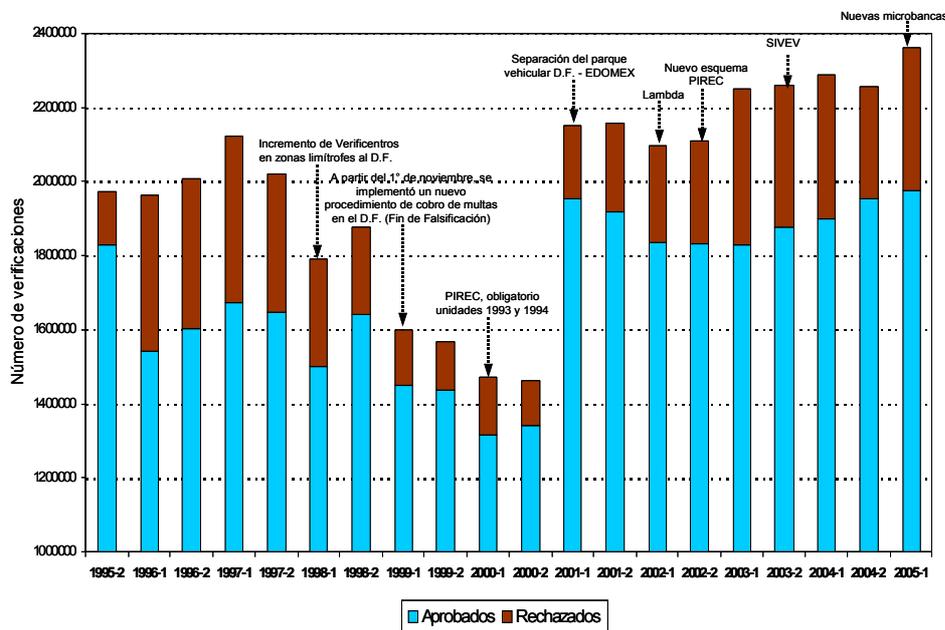
En la Gráfica 9.1.1 se puede apreciar el decremento constante de verificaciones vehiculares que se presentaba en el Distrito Federal al final de los noventa y su relación con la aplicación de distintas acciones asociadas a la verificación vehicular. Asimismo, se observa que a partir del año 2001 existe una recuperación del parque vehicular y un incremento notable en el número de vehículos que fueron detectados con altas emisiones vehiculares, mismos que debieron ser reparados para poder aprobar y obtener el holograma de verificación.

Actualmente continúa la obligatoriedad de verificación vehicular de los vehículos en los verificentros de la entidad en donde están matriculados y no se vislumbra la posibilidad de dar

<sup>5</sup> Ver el apartado denominado beneficio ambiental de la verificación vehicular en donde se muestra la emisión promedio de los vehículos de ambas entidades en el 2000 y en el 2005.

<sup>6</sup> El sistema se denominó Sivev y se dan detalles de él en páginas posteriores.

marcha atrás a la medida ya que en los últimos años se ha ampliado notablemente la brecha entre la operación de los Verificentros de ambas entidades.<sup>7</sup>



Gráfica 9.1.1 Verificaciones en el Distrito Federal

### Aplicación de lambda

Otro elemento negativo del programa metropolitano de verificación vehicular reportado por los estudios realizados en el año 2000, lo fue la red de mecánicos que rodean a los Verificentros y que ofrecen el servicio de presentar el vehículo a verificar garantizando la aprobación de la prueba<sup>8</sup>.

La forma de operar de estos preverificadores es muy variada y generalmente fraudulenta siendo lo más común, en el año 2000, la alteración de las condiciones de carburación, estableciendo una mezcla aire – combustible inadecuada dado el alto contenido de aire presente en la misma, dejando a los vehículos en condiciones inoperantes pero con bajas emisiones, y posteriormente a la obtención del holograma, ser regresados a sus condiciones originales.

Considerando que la prestación de servicio de preverificar no estaba, ni lo está actualmente, regulada por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, la DGGAA se dio a la tarea de

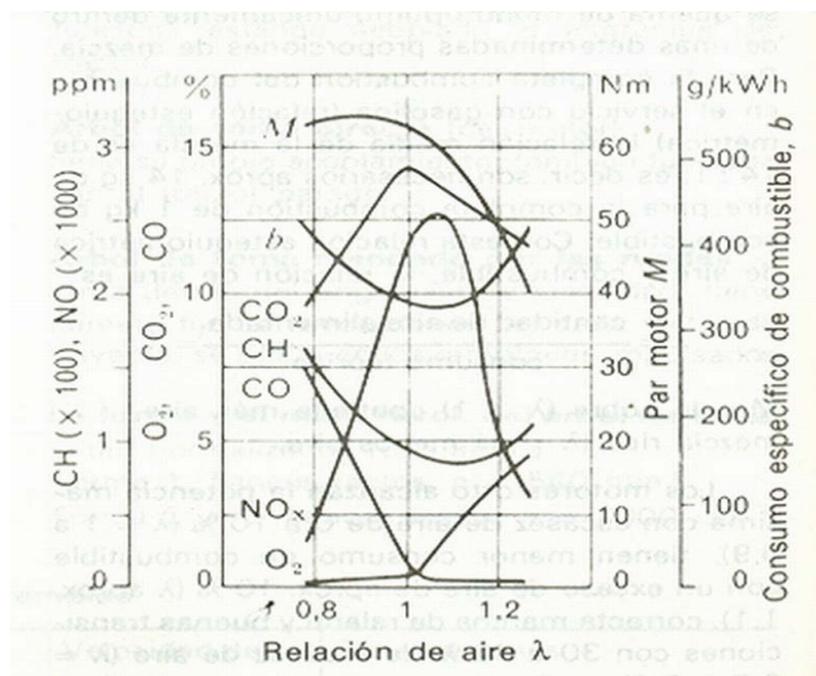
<sup>7</sup> Esta afirmación se desprende de la evaluación a distancia de las emisiones vehiculares del parque vehicular de la ZMVM, de la aplicación en el Distrito Federal del SIVEV, del pequeño índice de rechazo de los vehículos en el Estado de México y del comportamiento del programa PIREC en aquella entidad. Cabe señalar que, aunque se tienen las cifras comparativas entre ambas entidades, no se muestran en el presente documento dado que el objetivo del mismo es dar a conocer los avances del programa en el DF y no las diferencias operativas del programa entre ambas entidades.

<sup>8</sup> A estos mecánicos se les conoce como preverificadores.



encontrar elementos que permitieran atacar el problema de la manipulación de vehículos, encontrando en el lambda<sup>9</sup> una herramienta que permitía reducir este problema.

Al realizar una evaluación de las bases de datos de verificación vehicular se encontró que la distribución de lambda (indicador de la relación aire – gasolina), era muy dispersa llegando a encontrar lambdas superiores a 1.2 en donde los vehículos reciben tan poca gasolina que presentan una importante pérdida de potencia, explosiones y apagado de la unidad en ralentí, pero también presentan bajísimos niveles de emisión de contaminantes que permitía la aprobación de la prueba a pesar del mal estado de carburación del motor.



**Gráfica 9.1.2 Comportamiento de emisiones de acuerdo a mezcla aire – combustible**

Por lo anterior, se adecuó el software de verificación vehicular para identificar el estado de alteración de los vehículos de forma tal que se impidió la aprobación de aquellas unidades manipuladas. Con esta acción, la verificación realizada en el Distrito Federal se suma a los programas de Finlandia, Austria, Grecia y Alemania en cuanto a la detección de fraudes a través de la manipulación de los motores de gasolina; no obstante es el programa de la Ciudad de México el primero en integrar el concepto lambda como elemento de fiscalización en un protocolo dinámico de verificación de emisiones vehiculares.

Durante la aplicación de la medida se ha evitado la aprobación de cerca de 80 mil vehículos semestrales anuales que presentaban emisiones por arriba de la norma oficial mexicana y cuyos dueños intentaban burlar la revisión.

<sup>9</sup> El lambda es un parámetro que permite conocer las condiciones de la mezcla aire – combustible que presentan los vehículos y se determina a través de la correlación existente entre los gases que emiten los mismos.

La medida ha resultado tan exitosa que la Federación retomó este esquema y se ha incorporado en el proyecto de Norma Oficial Mexicana 041 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio del 2006. Durante los trabajos que culminaron con la elaboración de la propuesta de norma, se identificó el problema de vehículos manipulados en el Distrito Federal y en Hidalgo<sup>10</sup>.

En el caso del Distrito Federal se analizó una muestra de 1'012,511 verificaciones de las cuales 78,516 presentaron un lambda alto que les impidió aprobar la verificación vehicular, en tanto que para el caso del programa de verificación del Estado de Hidalgo, de 160,608 pruebas analizadas, 35,772 presentaron problemas con el lambda y aún así fueron aprobados. En este sentido, se puede apreciar que en la Ciudad de México intentó hacer trampa el 7.8% de los automovilistas que se presentan a verificar en tanto que en otros Estados de la República el 22.3% logran hacer dicha trampa.

### **Sistema de análisis de información de la verificación vehicular (SIVEV)**

Otra de las debilidades mencionadas en uno de los estudios realizados en el año 2000 fue la falta de un sistema que recupere en forma automática la información generada en el proceso de verificación vehicular. Esta debilidad genera la posibilidad de manipulación de la base de datos que semanalmente se entregaba a las autoridades ambientales de forma tal que se maquillara la información que podría dar lugar a descubrir la existencia de posibles fraudes o malos manejos en el proceso de verificación vehicular. Asimismo, se presentaba el hecho que al ser descubierto un problema, era sancionado el Verificentro, pero para ese momento ya habían verificado cientos o miles de coches en condiciones ambientales no óptimas.

Con el objeto de eliminar esta debilidad en el programa, la DGGAA realizó un programa piloto de transmisión de datos generados por Verificentros en el Distrito Federal, cuyo resultado generó los datos técnicos que sirvieron de apoyo para solicitar al Fideicomiso Ambiental el patrocinio de un desarrollo denominado SIVEV, mismo que fue aceptado y que beneficiaría a los dos programas de verificación vehicular de la ZMVM.

En el caso del Distrito Federal, en Mayo del 2003 se instaló la infraestructura necesaria para la operación del SIVEV, misma que fue adquirida con recursos otorgados por el Fideicomiso Ambiental<sup>11</sup>. De la misma forma, los Verificentros autorizados en el Distrito Federal contrataron servicios de comunicación para la transmisión de datos a través de la Red Privada Virtual que se había creado.

Finalmente se desarrolló un sistema que permite la transmisión en tiempo real de las bases de datos que se generan en los Verificentros al servidor del centro de cómputo de la Secretaría del

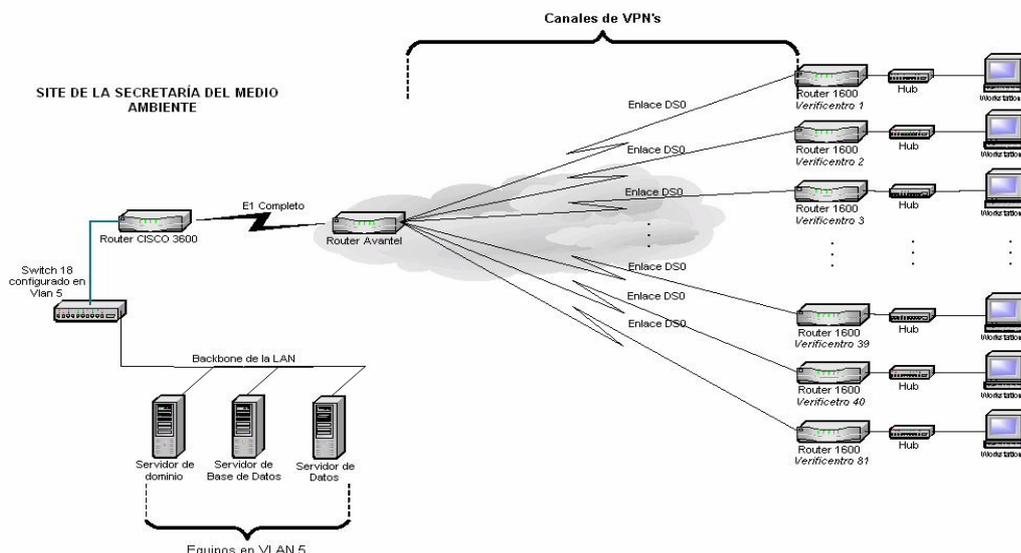
---

<sup>10</sup> En este Estado aplica la prueba estática de verificación de emisiones vehiculares.

<sup>11</sup> La infraestructura incluyó equipo de cómputo, software, servidores de red y puesta en marcha de la red local.



Medio Ambiente. Una vez la información llega al servidor, comienza la operación de un sistema que genera llamadas de alerta sobre eventos “extraños” que se detectan en las bases de datos.



**Figura 9.1.2 Distribución física del equipo de telecomunicación del SIVEV**

Algunos ejemplos de las llamadas que se generan son:

- ✓ Identificación de vehículos cuyas emisiones vehiculares son imposibles de ocurrir dada la proporción existente de los gases contaminantes, por ejemplo la existencia de vehículos que presentan una emisión de bióxido de carbono inferior a 13% con valores de oxígeno y de monóxido de carbono menores a 0.1%, situación que es imposible dada la composición química de la gasolina en donde valores tan bajos de CO y O<sub>2</sub> significarían valores de CO<sub>2</sub> cercanos al 15.2%. Esta situación indica una mala operación de los equipos de verificación vehicular misma que puede deberse, entre otras cosas, a una descalibración voluntaria o involuntaria de los equipos.
- ✓ Cálculos incorrectos en la determinación de algún elemento que interviene en los resultados de la verificación vehicular, por ejemplo existe un algoritmo que permite corregir la emisión de los óxidos de nitrógeno para lo cual se utilizan los valores de temperatura, presión y humedad; el sistema recalcula el valor final de óxidos de nitrógeno y, en caso que los resultados del sistema y del equipos de verificación sean distintos, se lanza una señal de alerta existiendo la posibilidad de la operación de un software de verificación no autorizado.
- ✓ Estado inadecuado de los sistemas de verificación vehicular en donde pueden estar operando dinamómetros, estación meteorológica o analizadores de gases sin estar calibrados.

Para lograr esto, fue indispensable homologar la generación y presentación de las bases de datos de los cuatro proveedores de equipo autorizados en el Distrito Federal así como configurar los equipos de acuerdo a un protocolo de comunicación desarrollado para tal efecto e instalar el sistema. El sistema se complementó con la instalación de un equipo de vídeo móvil el cual es controlado desde las oficinas de las áreas de vigilancia de la SMA y cuyas imágenes están disponibles para todo el mundo a través del portal de Internet de la SMA.

El sistema opera en todos los Verificentros del Distrito Federal desde finales del año 2003, y a pesar de haber concluido el contrato con la institución encargada del desarrollo del mismo, éste no ha dejado de ampliarse y mejorarse por parte del personal de la propia Secretaría del Medio Ambiente. Cabe señalar que el desarrollo del sistema es metropolitano, sin embargo no ha sido instrumentado aún en el Estado de México toda vez que hubo un rezago en la adquisición de la infraestructura de sistemas y comunicación.

### **Mejoras en los equipos analizadores de gases de la verificación vehicular**

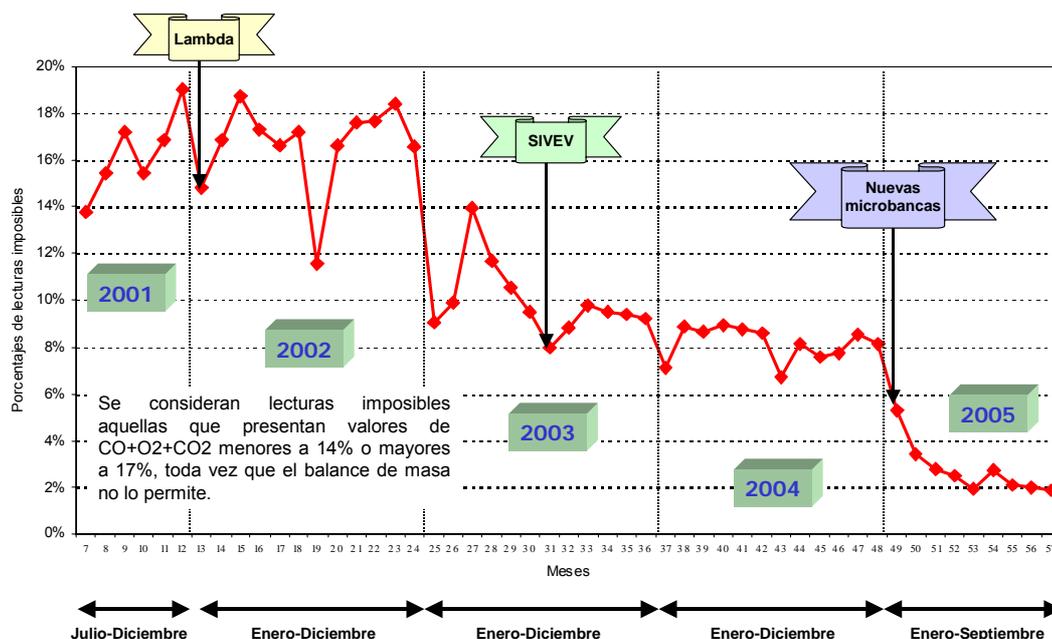
Este punto no forma parte de las debilidades detectadas en los estudios, pero ha sido una práctica constante por parte de las distintas administraciones del área ambiental del Distrito Federal el solicitar la realización de cambios a los sistemas analizadores de gases para evitar la realización de prácticas fraudulentas en la verificación de emisiones vehiculares. A continuación se mencionan las principales actualizaciones realizadas al sistema:

- ✓ Se implementó un algoritmo para detectar a través de la revisión de los gases de los vehículos a gasolina, el estado operativo de los convertidores catalíticos.
- ✓ Se modificó el software de verificación para impedir que vehículos a gasolina manipulados en su sistema de mezcla aire-combustible pudieran aprobar de forma fraudulenta la verificación de emisiones vehiculares.
- ✓ Derivado de los dos elementos anteriores y dada la dificultad que ahora encontraban los preverificadores para engañar al sistema de verificación vehicular, comenzó a ocurrir en algunas líneas de verificación la manipulación del estado de calibración de los equipos analizadores de gases con lo que se “ayudaba” a aprobar a los vehículos en mal estado. Para evitar este elemento, se solicitó apoyo a los dos fabricantes de analizadores de gases que operan en el país, lográndose que uno de ellos desarrollara un elemento adicional de seguridad para su analizador que evita la manipulación del mismo.

Este elemento de seguridad comenzó a operar a principios del 2005 en más del 85% de las líneas de verificación de emisiones vehiculares existentes en el Distrito Federal. El resto de ellas no cuentan con este elemento de seguridad dado que la empresa internacional que fabrica el sistema analizador de gases no pudo o no quiso desarrollar el sistema de seguridad.



En la Gráfica 9.1.3 se puede apreciar el porcentaje de verificaciones cuyos resultados son improbables dada la relación de los gases emitidos, en donde se puede apreciar la caída que presentan los datos improbables conforme se fueron estableciendo medidas de control en el software de verificación. Cabe señalar que el esquema lambda tuvo como propósito evitar el fraude en los vehículos que se alteraban para bajar emisiones vehiculares, por lo que no se refleja beneficio alguno en este gráfico.



**Gráfica 9.1.3 Emisiones improbables en la verificación vehicular**

Adicionalmente, se trabaja en la autorización de nuevos equipos de verificación vehicular que resuelvan los problemas que presentan los equipos actuales. Estos problemas son:

- ✓ Los equipos actuales están diseñados sobre una base de hardware y software obsoleta lo que impide aprovechar los elementos de seguridad, velocidad y comunicación que brindan las nuevas tecnologías. Además, ponen en riesgo la continuidad del programa toda vez que utilizan componentes que ya no están disponibles en el mercado nacional por lo que las refacciones son conseguidas usadas con altos costos, sin garantía de funcionamiento y cada vez es más tardado obtenerlas.<sup>12</sup>
- ✓ Con el nuevo equipo se podrá tener comunicación directa con cada línea de verificación vehicular, con lo que se conocerá de inmediato cuando se conecte una máquina no autorizada a la red del Verificentro o cuando se le ingrese información o programas no autorizados. Actualmente, esta comunicación sólo se presenta entre el SIVEV y el servidor central de los Verificentros.

<sup>12</sup> Un ejemplo de las refacciones es la tarjeta ISA.

- ✓ El software de los equipos actuales fue desarrollado por los fabricantes de los equipos siguiendo una lógica operativa establecida por la autoridad ambiental, quien a su vez evalúa la operación de los equipos asegurándose de la correcta lectura de los gases vehiculares. Sin embargo, no se tiene conocimiento de la programación que cada equipo presenta, lo que genera la posibilidad de existencia de rutinas ocultas para manipular los resultados de las pruebas de verificación.
- ✓ Las mejoras y los cambios que la autoridad ambiental desea, deben ser necesariamente realizados por los fabricantes del equipo por ser los únicos que conocen la programación de su software. Estos cambios, por pequeños que puedan ser, pueden llegar a tardarse meses y son cobrados a precios muy elevados.
- ✓ Con el nuevo equipo este problema y el anterior desaparece ya que el software de verificación es realizado por la autoridad ambiental, puede ser modificado en cualquier momento y se instalará gratuitamente, a distancia, en los equipos de verificación vehicular.
- ✓ El mantenimiento de los equipos se ha distorsionado siendo deficiente y caro por diversas razones: originalmente los fabricantes de los equipos no atendían en tiempos razonables a los solicitantes de servicio dado que tenían poco personal y sabían que tenían el mercado de mantenimiento cautivo, posteriormente los Verificentros comenzaron a contratar a los técnicos de las empresas de fabricantes de equipo para tenerlos a la mano en caso de una necesidad urgente de mantenimiento, los fabricantes de equipo al perder a sus técnicos capacitados y perder los llamados para mantenimiento tuvieron que adelgazar a sus empresas teniendo dificultad para atender en tiempo y forma la llamada de servicio de varios centros al mismo tiempo, finalmente ocurre que cuando existe un llamado para la realización de mantenimiento especializado o cuando se instala nuevo software de verificación, los fabricantes de los equipos cobran esos servicios a precios muy altos (lo cual puede ser una posición de revancha ante el pirateo de personal técnico de sus empresas).
- ✓ Los nuevos equipos son modulares y homogéneos en cuanto al software de verificación y la comunicación entre los módulos, razón por la cual se permitirá que cualquier empresa autorizada otorgue mantenimiento a los equipos autorizados, además que se prohibirá que personas ajenas al programa de verificación presten el servicio de mantenimiento a estos equipos.
- ✓ Los Verificentros generan una lealtad obligada con el proveedor de su equipo de verificación vehicular dado que, en caso de querer cambiar de equipo, debe sustituirse la totalidad del equipo, lo que representa un costo tan oneroso que hace casi imposible esta posibilidad. De esta forma, existen abusos en las relaciones proveedores de equipo y propietarios de Verificentros.
- ✓ Esta situación se minimizará con los nuevos equipos dado que el mismo es modular por lo que, en caso de así desearlo los dueños de los Verificentros, se podrá sustituir al



proveedor de mantenimiento o sustituir los módulos necesarios en lugar de cambiar todo el equipo, lo que abate los costos de tomar la decisión.

Estos equipos, a diferencia de los que operan en el resto del país, serán revisados en su operación por instituciones especializadas y ajenas al área ambiental que autoriza su operación en el programa de verificación de su responsabilidad. Estas instituciones son el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares así como el Centro Nacional de Metrología del país, además se invitará a la revisión final del equipo a representantes del Estado de México y de la Federación, con el objeto de que conozcan la operación y seguridad del equipo para que, de así considerarlo, lo adopten en los programas de su responsabilidad.

### **Verificación de unidades a diesel**

Otras de las debilidades del programa de verificación vehicular metropolitano detectado por los estudios del año 2000 son la ineficaz fiscalización de las emisiones de los vehículos a diesel, así como la operación del programa de verificación de emisiones de los vehículos con matrícula federal.

Al respecto, esta administración trabajó en tres frentes para resolver el problema de la verificación vehicular de las unidades a diesel, el primero de ellos fue la actualización de las normas oficiales mexicanas que regulan la verificación de los vehículos a diesel, el segundo frente fue trabajar en el desarrollo de un protocolo dinámico de verificación de gases y opacidad, en tanto que el último frente se refirió al impulsó de un programa de autorregulación de estas unidades.

Respecto a las modificaciones de las normas 045 y 077, el martes 4 de julio del 2006 se publicó el proyecto de norma PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006 "Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Niveles máximos de opacidad, medida en coeficiente de absorción de luz, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición", en donde se presentan cambios importantes respecto a la norma anterior. Los cambios más destacados son:

- ✓ La aplicación del protocolo de prueba pasando de ralentí al golpe de humo (anteriormente era de 1,500 rpm a golpe de humo).
- ✓ La definición de los límites de emisiones Europeos que debieron ser adecuados tras la modificación del método de medición.

Sin embargo, el proyecto de norma sigue presentando serias deficiencias y se espera que sean corregidas durante el periodo de tiempo en que se encuentra la norma en espera de comentarios, de acuerdo a la Ley Federal de Metrología y Normalización.

La deficiencia más grande que presenta es el establecer los límites máximos permisibles de emisiones de las unidades a diesel en coeficiente de absorción de luz, ignorando la definición de

un parámetro estándar de la longitud óptica del opacimetro. De esta forma, dado el algoritmo de cálculo del coeficiente de absorción de luz, para una misma opacidad se tendrán resultados de coeficiente de absorción de luz distintos, resultando que entre más grande es el opacimetro con el que se mide, menor será el resultado de absorción de luz.

Lo particularmente grave del asunto es que las diferencias pueden llegar a ser hasta del 60%, por lo que se ha solicitado a la SEMARNAT la modificación de la norma, lo que necesariamente obligará a cambiar los límites de opacidad actuales.

### **Verificación de motocicletas**

Un rezago que presenta la verificación vehicular en el Distrito Federal es la falta de fiscalización de las emisiones vehiculares de las motocicletas. Este hecho se da toda vez que la normatividad que aplica a motocicletas en circulación presenta errores técnicos que hacen inaplicable dicha norma.

Derivado de esta situación, fue realizada una modificación a la Ley Ambiental del Distrito Federal en donde se exenta a las motocicletas de la aplicación del programa de verificación vehicular así como de la aplicación del Hoy No Circula hasta en tanto se publique la norma oficial mexicana correspondiente.

Sin embargo, esta acción es un tanto regresiva ya que si bien es cierto que las motocicletas no circulaban, también lo es que debían descansar un día a la semana, situación que ahora ya no ocurre. Cabe mencionar que estos automotores generalmente contaminan más que las camionetas grandes.<sup>13</sup>

Actualmente, esta contemplado en el Programa Nacional de Normalización la elaboración de la norma oficial mexicana que fije límites máximos permisibles de emisión de los contaminantes provenientes de las motocicletas nuevas. Este paso será importante, sobre todo si se logra evitar la comercialización en el país de las motos de dos tiempos.

En las Tablas 9.1.2 y 9.1.3 se puede observar la diferencia existente entre las normas para motocicletas nuevas en varias partes del mundo y las normas para los automóviles nuevos que se comercializan en el país.

Al comparar las emisiones que deben cumplir los vehículos que se comercializan en el país y las normas internacionales de motocicletas, resulta claro que a los vehículos de mayor peso se les exigen menores niveles de emisión que a las motocicletas. Además, la Norma Oficial Mexicana exige que los valores de emisión establecidos en las normas se mantengan por 80,000 kilómetros

---

<sup>13</sup> Esto ocurre dado el uso de sistemas anticontaminantes que presentan las camionetas y que no incorporan las motocicletas dada la falta de normatividad en México para estos vehículos cuando son nuevos.



en tanto que para las motos el criterio normativo en el mundo no presenta condiciones de durabilidad de emisiones.

**Tabla 9.1.2 Normas para motocicletas nuevas**

| Pais                                   | [g/km] |      |      | Comentarios  |
|--|--------|------|------|--|
|  | CO     | HC   | NOx  |  |
| Chile                                  | 8.00   | 4.00 | 0.10 | Motocicletas de dos tiempos  |
| Estados Unidos y Canadá (norma actual) | 12.00  | 5.00 | ---  | Motocicletas > 50 cm <sup>3</sup>                                  |
| Estados Unidos (norma 2006)            | 12.00  | 1.40 | ---  | Motocicletas < 280 cm <sup>3</sup> (el 1.4 es la suma de HC y NOx) |
| Unión Europea (norma actual)           | 5.50   | 1.00 | 0.30 | Motocicletas > 150 cm <sup>3</sup>                                 |
| Unión Europea (norma 2006)             | 2.00   | 0.30 | 0.15 | Motocicletas > 150 cm <sup>3</sup>                                 |
| México                                 | ---    | ---  | ---  | No existe norma para unidades nuevas                               |

Nota: Se presentan los límites más estrictos de las distintas normas.

**Tabla 9.1.3 Normas para automóviles nuevos**

| Norma                | [g/km] |       |       | Comentarios                               |
|----------------------|--------|-------|-------|---|
|                      | CO     | HC    | NOx   |   |
| Norma actual         | 2.110  | 0.156 | 0.250 | Autos particulares y camiones clase 1     |
| Norma 2007           | 2.110  | 0.010 | 0.250 | Autos particulares y camiones clase 1 y 2 |
| Norma 2010 (próxima) | 2.110  | 0.047 | 0.068 | Autos particulares y camiones clase 1 y 2 |

Asimismo, la norma oficial mexicana establece límites de emisión respecto a la evaporación del combustible con lo cual se ha obligado a la industria automotriz a mejorar las condiciones de sus unidades. Para las motocicletas, este criterio se empezará a aplicar, por primera vez en el mundo, en el año 2008 en los Estados Unidos de Norteamérica.

### Operación del programa de verificación vehicular

El programa de verificación del Distrito Federal ha otorgado 82 autorizaciones para operar centros de verificación vehicular de servicio público y tres más para autoservicio (Defensa Nacional, Compañía de Luz y Fuerza del Centro y Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica).

El número de centros en operación varía constantemente derivado de las sanciones administrativas que van sufriendo, aunque en promedio se tienen 350 líneas de verificación vehicular operando continuamente.

Los Centros de Verificación públicos "Verificentros" son establecimientos construidos exclusivamente para la prestación del servicio de verificación de emisiones vehiculares, los cuales operan con un mínimo de tres líneas de verificación a gasolina y en algunos casos se operan líneas para verificar vehículos a diesel.

En el caso de las unidades con motor ciclo Otto, se aplica un protocolo de verificación dinámica y se evalúan los hidrocarburos, el monóxido de carbono, el bióxido de carbono, el oxígeno y los óxidos de nitrógeno, en tanto que para los vehículos con motor ciclo Diesel, aplica una prueba de

aceleración instantánea en donde se verifica la opacidad que presenta el gas en el escape del vehículo.

Los Verificentros están acreditados bajo el sistema de calidad ISO 9000-2000, los cuales presentan sistemas de vídeo, aforo vehicular y telefonía de acceso directo al área de vigilancia de la SMA.



**Figura 9.1.3 Centro de Verificación vehicular en el Distrito Federal**

Durante la operación del verificentro se graban todas y cada una de las verificaciones vehiculares ocurridas y cuando se realiza una investigación respecto a hechos sospechosos de verificación vehicular (detectado a través del SIVEV o de alguna denuncia ciudadana), se acude a las grabaciones de video para detectar los posibles hechos fraudulentos tales como: alteración de los equipos de verificación vehicular, entrega de resultados a vehículos que nunca se presentan a verificar, utilización de vehículos en buen estado para aprobar a otros que no están en condiciones de aprobar, etc.

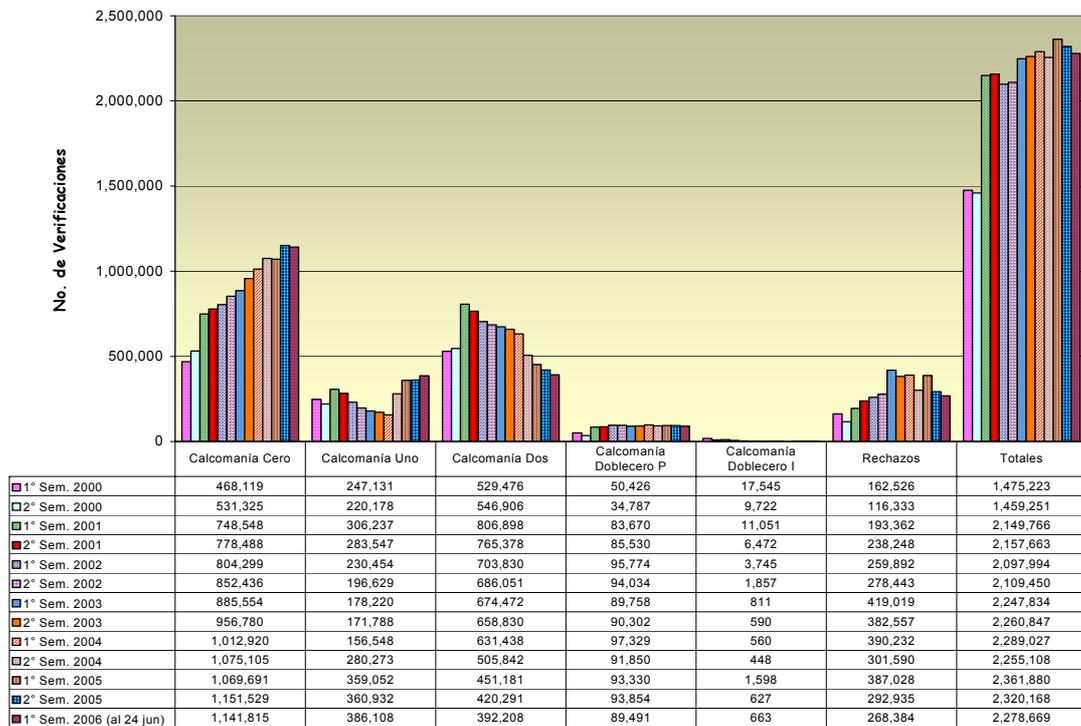
El sistema de aforo vehicular originalmente se utilizaba para informar al conductor el tiempo que debía esperar para ser verificado, además se utilizaba para cuadrar las cifras de las unidades que entraban con las que verificaban y las que salían del centro de verificación. Actualmente, el sistema es usado básicamente como medio informativo del tiempo de espera.

El teléfono existente en los Verificentros no tiene ningún costo al usuario y es una herramienta que acerca al conductor con la autoridad ambiental del Distrito Federal, ante quien puede interponer una queja por actos de corrupción, maltrato o simplemente exponer sus dudas.

La atención de usuarios en los Verificentros es cercana a los 2.4 millones de unidades de forma semestral, de las cuales el 4% obtiene el holograma doble cero y al 50% se les da el holograma “cero” con lo cual exentan el programa Hoy No Circula y son unidades que se caracterizan por tener menos de 10 años de antigüedad y presentar bajas emisiones vehiculares. Un 17% de estas verificaciones la realizan vehículos que obtuvieron el holograma “uno” por lo que deben dejar de circular un día hábil a la semana, estos vehículos se caracterizan por ser modelos de entre 10 y 15



años de antigüedad y contar con convertidor catalítico. Finalmente, el 17% son unidades de más de 15 años de antigüedad a quienes se les entrega el holograma “2” por lo que deben dejar de circular, adicionalmente a la condición que aplica al holograma “1”, durante días con contingencia ambiental. El porcentaje restante corresponde a las verificaciones no aprobatorias.



Gráfica 9.1.4 Comportamiento de las verificaciones en el Distrito Federal

### Exención de la verificación a vehículos limpios

En 1999 inició el otorgamiento del holograma “00” el cual inducía al cumplimiento acelerado y voluntario, por parte de las empresas automotrices, de los niveles de emisión establecidos para autos nuevos en el país (norma 042). El incentivo se extinguió rápidamente ya que en el año 2001, todos los vehículos nuevos debían cumplir con la norma en mención.

En septiembre del año 2005 fue modificada la norma 042, la cual contiene tres distintos valores de emisión que en su momento aplicarán en el país. Sin embargo, el valor más estricto aplicará dentro de tres o cuatro años y además dista mucho de los valores que ya aplican en los Estados Unidos de Norte América.

Por este motivo, se trabaja en un programa que incentive la incorporación de vehículos más limpios y más eficientes a la Ciudad de México, para lo cual se ofrece la exención a la verificación de emisiones vehiculares hasta por seis años de aquellos vehículos que presenten emisiones hasta

80% menores a las que se exigirán para finales de la década, así como beneficios a las unidades que presenten mejores rendimientos de combustible.

| Estándar                          |                 | Cumple con la NOM 042 | Normatividad y nivel de emisiones    |                                       |                       |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                                   |                 |                       | NOx [g/km]                           |                                       |                       |
|                                   |                 |                       | Mayor a 0.023 y menor o igual a 0.03 | Mayor a 0.015 y menor o igual a 0.023 | Menor o igual a 0.015 |
| Rendimiento de gasolina en ciudad | Menos de 9 km/l | Calcomanía cero       | Exención por 2 años                  | Exención por 2 años                   | Exención por 4 años   |
|                                   | De 9 a 13 km/l  | Exención por 2 años   | Exención por 2 años                  | Exención por 4 años                   | Exención por 6 años   |
|                                   | De 13.1 a 20.0  | Exención por 2 años   | Exención por 4 años                  | Exención por 6 años                   | Exención por 6 años   |
|                                   | Más de 20 km/l  | Exención por 4 años   | Exención por 6 años                  | Exención por 6 años                   | Exención por 6 años   |

**Figura 9.1.4 Esquema de incentivos propuestos para la introducción de vehículos limpios, CAM 2006**

### Apoyo a otras dependencias del GDF

Derivado del estricto control que sobre los vehículos ejerce el programa de verificación vehicular, algunas áreas del Gobierno de la Ciudad de México y otras instituciones han solicitado apoyo para la operación de programas que permitan mejorar las actividades que ellas realizan. Los apoyos otorgados han sido:

- ✓ Mejoramiento del conocimiento del parque vehicular: El anuario estadístico de la Secretaría de Transportes y Vialidad del 2000 registró la existencia de 5.5 millones de automotores matriculados en el Distrito Federal situación que es incorrecta toda vez que en dicha base de datos se mantienen vigentes aquellos vehículos que son robados, chocados, vendidos a otra entidad, etc., y cuyos propietarios no dieron de baja ante dicha Secretaría. Para tener mayor claridad respecto a las matriculas “vivas”, la SETRAVI solicitó en varias ocasiones las bases de datos del programa de verificación vehicular en donde se registran todos y cada uno de los vehículos que son verificados, lo cual tiene mayor certeza en cuanto al número de unidades en la Ciudad de México.
- ✓ Fiscalización de las condiciones de seguridad de los vehículos: La Secretaría de Transportes y Vialidad es la encargada de la aplicación de la revisión físico-mecánica de los vehículos del transporte público de pasajeros, misma que aplica de forma visual. Esa Secretaría solicitó apoyo para aplicar, como programa piloto, una evaluación de los vehículos utilizando equipos sistematizados que tuvieran una mayor precisión así como eliminar la subjetividad de la evaluación del ojo humano. Al respecto, se instalaron cinco equipos de evaluación del frenado, alineación, suspensión y dirección de las unidades, generándose suficiente información para



determinar la conveniencia de utilizar sistemas de este tipo, así como para establecer los valores límites que debían cumplir los elementos evaluados.

- ✓ Condicionamiento de la verificación: La Secretaría de Finanzas de la Ciudad de México solicitó el condicionar la verificación vehicular al no adeudo de tenencias ni de infracciones de tránsito (esto último sólo en el caso de los transportes públicos de pasajeros), lo que comenzó a aplicar en los años 2006 y 2004 respectivamente, siendo exitosos desde el punto de vista de la recaudación aunque generó molestias entre los automovilistas. En este sentido, se evaluará si por esta acción se motivó la migración de parque vehicular moroso a otros Estados en donde no existen programas de verificación dinámica de emisiones vehiculares.
- ✓ Análisis tecnológico: El Instituto Nacional de Ecología solicitó el apoyo para la evaluación de un sistema de verificación vehicular denominado Vmass el cual tiene la posibilidad de emitir sus resultados en gramos por kilómetro, situación que presenta amplias ventajas respecto al sistema actual. El apoyo fue otorgado en el 2004, permitiendo la instalación de este sistema en un Verificentro del Distrito Federal, resultando un estudio incompleto que no arrojó los resultados que se esperaban pero que permitió conocer la forma de operar del equipo en cuestión.

### Beneficio del programa de Verificación Vehicular Obligatorio

En los años 2000 y 2005 se realizaron sendas campañas de monitoreo de emisiones vehiculares con tecnología que mide a distancia la concentración de los gases de escape de los vehículos que circulan en las vialidades de la Zona Metropolitana del Valle de México.

La comparación entre las emisiones que presentaron los vehículos en ambas campañas es un indicador del beneficio que se genera de la aplicación de los programas ambientales aplicables a las fuentes móviles. Los resultados se muestran en la Tabla 9.1.4.

**Tabla 9.1.4 Emisiones vehiculares por estrato tecnológico**

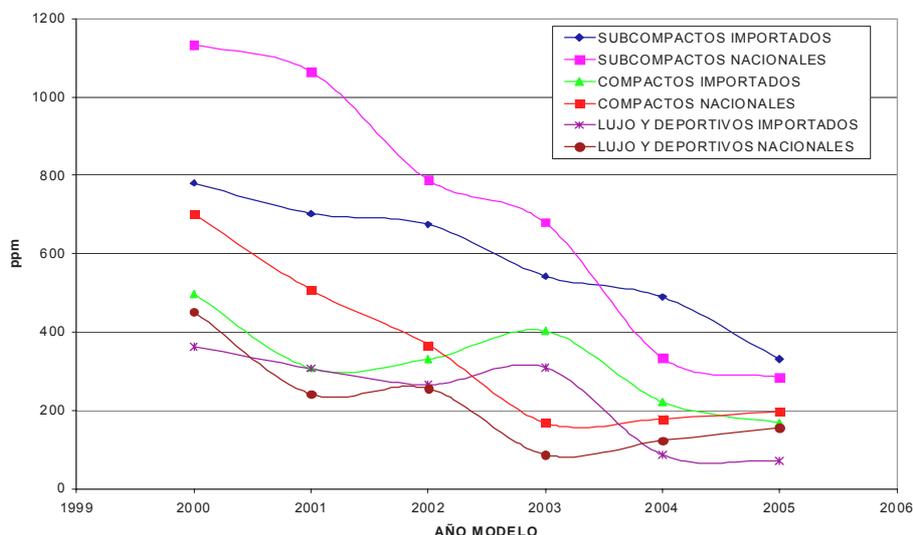
| PROMEDIO/<br>MODELOS | DISTRITO FEDERAL 2000 |                           |             |              | DISTRITO FEDERAL 2005 |                           |             |              |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------------|---------------------------|-------------|--------------|
|                      | CO<br>(%vol)          | CO <sub>2</sub><br>(%Vol) | HC<br>(ppm) | NOx<br>(ppm) | CO<br>(%vol)          | CO <sub>2</sub><br>(%Vol) | HC<br>(ppm) | NOx<br>(ppm) |
| 1980 y ant.          | 2.92                  | 12.90                     | 505         | 1,272        | 2.21                  | 13.43                     | 293         | 1,258        |
| 1981-1990            | 2.61                  | 13.12                     | 378         | 1,436        | 2.29                  | 13.36                     | 305         | 1,403        |
| 1991-1992            | 1.50                  | 13.93                     | 229         | 1,338        | 1.70                  | 13.78                     | 256         | 1,557        |
| 1993-1998            | 0.55                  | 14.64                     | 113         | 703          | 0.71                  | 14.50                     | 146         | 1,262        |
| 1999 y post.         | 0.33                  | 14.81                     | 90          | 374          | 0.36                  | 14.78                     | 80          | 647          |
| PROMEDIO/<br>MODELOS | ESTADO DE MÉXICO 2000 |                           |             |              | ESTADO DE MÉXICO 2005 |                           |             |              |
|                      | CO<br>(%vol)          | CO <sub>2</sub><br>(%Vol) | HC<br>(ppm) | NOx<br>(ppm) | CO<br>(%vol)          | CO <sub>2</sub><br>(%Vol) | HC<br>(ppm) | NOx<br>(ppm) |
| 1980 y ant.          | 2.97                  | 13.22                     | 484         | 1,478        | 3.32                  | 12.62                     | 379         | 1,239        |
| 1981-1990            | 2.75                  | 13.03                     | 414         | 1,640        | 2.64                  | 13.10                     | 406         | 1,443        |
| 1991-1992            | 1.88                  | 13.65                     | 286         | 1,514        | 1.85                  | 13.67                     | 303         | 1,582        |
| 1993-1998            | 0.62                  | 14.58                     | 147         | 897          | 0.90                  | 14.36                     | 181         | 1,403        |
| 1999 y post.         | 0.49                  | 14.68                     | 117         | 575          | 0.39                  | 14.76                     | 81          | 651          |

Se puede apreciar una reducción, en los vehículos matriculados en el Distrito Federal, para los tres gases contaminantes provenientes de los vehículos modelo 1990 y anteriores, asimismo se puede apreciar un incremento en la emisión de bióxido de carbono para este sector vehicular. Estos elementos son un indicador inobjetable de la mejora en las condiciones operativas de los vehículos de carburador, situación que se debe a la mejora operativa del programa de verificación vehicular.

En el caso de los vehículos con inyección electrónica y convertidor catalítico, se observa un incremento en la tasa de emisión de los hidrocarburos, del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno, así como una reducción en la emisión de bióxido de carbono, situación contraria a lo ocurrido con los modelos 1990 y anteriores.

Esta situación se presume es una consecuencia de la degradación natural de la eficiencia de los convertidores catalíticos, sin embargo queda la duda respecto a que tan rápida o lenta esta siendo dicha degradación, así como el conocer si el programa de sustitución de convertidores catalíticos de la ZMVM esta funcionando adecuadamente.

La duda respecto a que tan rápido se están degradando los convertidores catalíticos, se contesta en gran medida al observar la Figura 9.1.5 en donde se aprecia una degradación más acelerada en las unidades subcompactas y compactas nacionales que en sus similares de importación. Esto parece indicar que las unidades más económicas que se comercializan en México presentan sistemas anticontaminantes de menor durabilidad a sus similares que son importados o que aquellos que son de mayor costo.



**Gráfica 9.1.5 Emisiones de NOx de los distintos estratos vehiculares en México**

Sin embargo, el decaimiento ambiental de los convertidores catalíticos ha sido minimizado y controlado gracias a la aplicación del programa de verificación vehicular asociado al PIREC, toda vez que derivado de estos programas se logra la sustitución del convertidor catalítico. En la Tabla



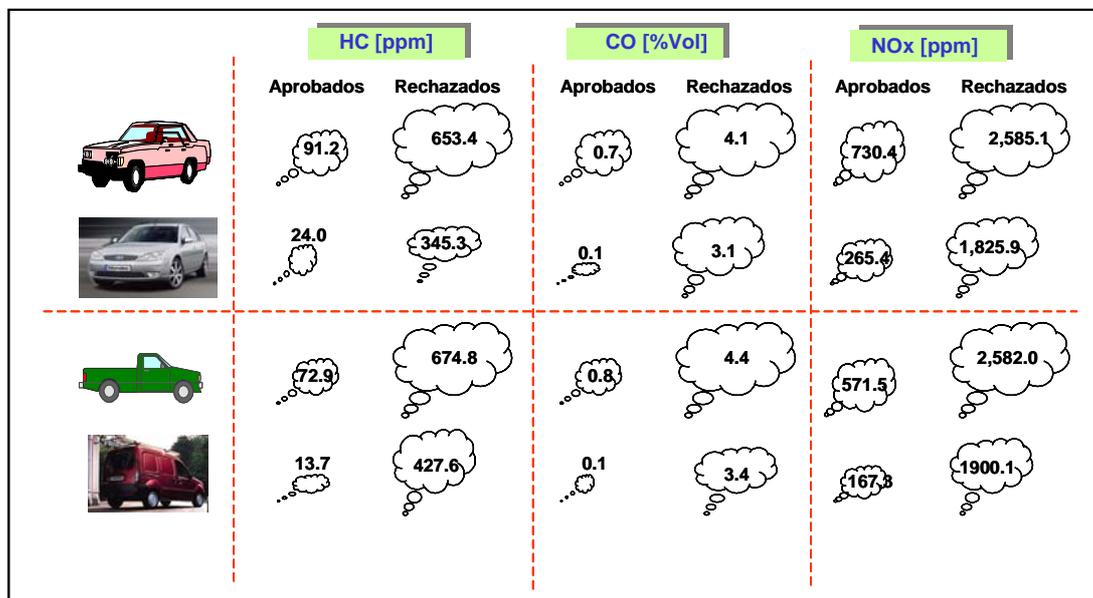
9.1.5 se aprecia el estado de las emisiones de los vehículos del Distrito Federal comparados con los del Estado de Nuevo León.

**Tabla 9.1.5 Estado de las emisiones de los vehículos del Distrito Federal comparados con los del Estado de Nuevo León**

| PROMEDIO/<br>MODELOS | DISTRITO FEDERAL 2005 |                           |             |              | NUEVO LEÓN 2000 |                           |             |              |
|----------------------|-----------------------|---------------------------|-------------|--------------|-----------------|---------------------------|-------------|--------------|
|                      | CO<br>(%vol)          | CO <sub>2</sub><br>(%Vol) | HC<br>(ppm) | NOx<br>(ppm) | CO<br>(%vol)    | CO <sub>2</sub><br>(%Vol) | HC<br>(ppm) | NOx<br>(ppm) |
| 1991-1992            | 1.70                  | 13.78                     | 256         | 1,557        | 4.18            | Sin datos                 | 675         | 1,671        |
| 1993-1998            | 0.71                  | 14.50                     | 146         | 1,262        | 2.46            | Sin datos                 | 824         | 2,399        |
| 1999 y post.         | 0.36                  | 14.78                     | 80          | 647          | 2.48            | Sin datos                 | 681         | 832          |

Nótese en la tabla que las unidades de la ciudad del norte, presentan un ligero incremento en la emisión de óxidos de nitrógeno de los vehículos 1991 y 1992, pero presenta emisiones tres veces mayores de monóxido de carbono e hidrocarburos, situación que resulta lógica toda vez esas unidades presentan convertidores de dos vías (sólo disminuyen el CO y los HC).

En el caso de la comparación directa del beneficio existente entre los vehículos que aprueban la verificación y sus emisiones vehiculares posterior a la reparación de las unidades y vuelta a verificar, los resultados muestran que llegan a existir beneficios mayores al 95% para algunos de los gases en algunos de los modelos existentes.



**Figura 9.1.5 Beneficio obtenido en la verificación vehicular**

Las diferencias existentes entre las emisiones obtenidas en los centros de verificación y las del sistema sensor remoto radica en que las primeras son tomadas bajo condiciones estables y controladas de aceleración y velocidad en tanto que las segundas fueron tomadas bajo

condiciones reales de manejo, lo cual incluye aceleraciones y desaceleraciones a distintas velocidades. Sin embargo, ambas comparaciones muestran una disminución que indica la correcta operación del programa.

## 9.2 Sustitución de convertidores catalíticos

El convertidor catalítico es un dispositivo que se coloca en el tubo de escape de los vehículos y que actúa sobre los contaminantes producidos durante la operación de sus motores, reduciéndolos en más del 90%; está compuesto de una cerámica impregnada de metales preciosos<sup>14</sup> que al entrar en contacto con el monóxido de carbono, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno contenidos en el gas de escape, provocan la transformación de estos contaminantes en gases inocuos para la salud.

La normatividad ambiental mexicana aplicable a vehículos nuevos en 1991 estableció estrictos niveles de emisión de monóxido de carbono y de hidrocarburos, razón por la cual los fabricantes de automotores decidieron incorporarles convertidores catalíticos de dos vías<sup>15</sup> para poder cumplirla. Es hasta 1993, fecha en que se reducen aún más los límites máximos permisibles para autos nuevos, que todos los vehículos que se comercializaron en el país incorporaron convertidores catalíticos de tres vías<sup>16</sup>.

La introducción del convertidor catalítico obligó a la comercialización de una gasolina libre de plomo denominada Magna Sin, toda vez que el plomo se deposita en el material cerámico formando un revestimiento que cubre a los metales preciosos, afectando e incluso inutilizando la operación del convertidor catalítico.

A pesar de los esfuerzos de distribución de la gasolina Magna Sin, la oferta de la misma era limitada y sólo se podía localizar en algunas gasolineras de la Ciudad de México y la oferta de esta gasolina era aún más limitada en las gasolineras ubicadas en carreteras y en ciudades pequeñas. Además, existía un importante diferencial de precios entre la gasolina con y sin plomo, siendo esta última la más costosa.

Estas condiciones propiciaron que un número importante de conductores utilizara gasolina con plomo ya sea por economizar o por no conseguir gasolina Magna Sin cuando necesitaban cargar combustible, lo cual indudablemente afectó la condición operativa de muchos de los convertidores catalíticos e incrementó la tasa de contaminantes emitida por dichos vehículos.

---

<sup>14</sup> Platino y/o paladio que permiten la conversión del monóxido de carbono y de los hidrocarburos a bióxido de carbono y vapor de agua respectivamente; en tanto que el rodio es el metal que se utiliza para favorecer la conversión de los óxidos de nitrógeno a nitrógeno.

<sup>15</sup> Los convertidores catalíticos de dos vías sólo contienen platino o paladio, razón por la cual sólo reducen las emisiones de monóxido de carbono y de hidrocarburos.

<sup>16</sup> Los convertidores catalíticos de tres vías, adicionalmente a las reducciones generadas con los de dos vías, permiten la reducción de los óxidos de nitrógeno.



Existen otros elementos que dañan al convertidor catalítico. Por ejemplo, cualquier falla o condición operativa en los motores que provoque una emisión alta de hidrocarburos (fallas en el encendido electrónico, operación con mezclas ricas, bujías dañadas, paso de aceite a la cámara de combustión, etc.), provoca una mayor actividad catalítica que eleva la temperatura a valores cercanos a los 1,400° C, lo cual puede ocasionar derretimiento de la base cerámica.

De esta forma, al considerar el diferencial de precios en las gasolinas con y sin plomo, la inadecuada distribución de gasolina sin plomo a principios de los años noventas y las prácticas inadecuadas de mantenimiento vehicular en la Ciudad de México, resultaba altamente probable que un alto porcentaje de los convertidores catalíticos estuviesen dañados, a pesar de lo cual, en 1998 el mercado de convertidores catalíticos para sustitución era prácticamente inexistente, toda vez que muchas personas ignoraban que su convertidor catalítico se había dañado y aquellas a las que su mecánico les indicaba esta situación, preferían retirar el convertidor catalítico dañado en lugar de sustituirlo.

Dado lo anterior, en 1999 surgió el Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes (PIREC) cuyo objetivo era contribuir a la reducción de las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos a gasolina matriculados en el Distrito Federal, a través de la sustitución de los convertidores catalíticos que estuvieran dañados.

Desde su inicio, la mecánica de operación del programa PIREC se ajustó semestralmente toda vez que constantemente se encontraban elementos que permitían mejorarlo. A continuación se describe la operación que el programa guardó en su inicio.

## **Segundo semestre de 1999**

Los vehículos modelo 1993 que presentaban emisiones vehiculares por encima de los valores establecidos para obtener el holograma "0" y de esta forma exentar el programa de restricción a la circulación conocido como Hoy No Circula, debían cambiar su convertidor catalítico si deseaban obtener nuevamente un holograma "0".<sup>17</sup>

El convertidor catalítico se les sustituía en los talleres PIREC quienes obligatoriamente debían utilizar convertidores catalíticos autorizados por la autoridad ambiental. Una vez sustituido el convertidor catalítico, el usuario acudía al Verificentro de su preferencia en donde entregaba los documentos que avalaran la sustitución del dispositivo y se le permitía verificar las emisiones del vehículo y, en su caso, obtener el holograma "0". En ese semestre se sustituyeron 19,593 convertidores catalíticos.

---

<sup>17</sup> Los valores para obtener el holograma "0" son 100 ppm de hidrocarburos, 1% de volumen de monóxido de carbono y 1,200 ppm de óxidos de nitrógeno.

### **Primer semestre del 2000**

En este semestre se hizo obligatoria la sustitución del convertidor catalítico en los vehículos de modelo 1993 y 1994 que quisieran obtener un holograma "0" y exentar el programa Hoy No Circula.<sup>18</sup> Aquellas personas a quienes no les interesaba exentar el programa Hoy No Circula podían seguir operando con el convertidor catalítico original.

Asimismo, se incorporó el uso de un sistema electrónico que contenía información respecto a la empresa que comercializó el convertidor catalítico, el taller mecánico que lo adquirió e instaló, así como del vehículo en que fue instalado.

Este dispositivo, conjuntamente con el vehículo era presentado en cualquiera de los Verificentros de la ZMVM, se conectaba al sistema analizador de gases en donde se grababa toda la información del mismo, permitiéndose la emisión del holograma "0". De esta forma, se automatizaba todo el proceso de forma tal que se evitara la participación de los técnicos verificadores en la definición respecto a la entrega de dicho holograma. En ese semestre se sustituyeron 100,282 convertidores catalíticos en el Distrito Federal.

### **Segundo semestre del 2000**

Para este semestre se obligó a la sustitución del convertidor catalítico en los vehículos 1993, 1994 y 1995 que desearan obtener el holograma "0". Aquellas personas que ya lo habían sustituido podían seguir obteniéndolo hasta por dos años posteriores al cambio del dispositivo. En este semestre se cambiaron 59,158 convertidores en el Distrito Federal.

Durante este semestre se programó el ingreso de los vehículos modelo 1996 al esquema de obligatoriedad en la sustitución de su convertidor catalítico para la obtención de holograma "0".

### **Evaluación de la operación del PIREC inicial**

Ante la tendencia de sustituir convertidores catalíticos basada en un criterio de edad, esta administración decidió mantener el PIREC tal como lo encontró en diciembre del año 2000, es decir resultó obligatoria la sustitución del convertidor catalítico de los vehículos modelos 1993, 1994 y 1995, que aún no lo hubieran cambiado en el año y medio anterior, pero no se incluirían más modelos vehiculares hasta en tanto se realizara una evaluación del programa. La evaluación realizada se basó en tres esquemas:

a) Emisiones de los vehículos previa sustitución de los convertidores:

---

<sup>18</sup> Esta situación ocurrió a pesar que el programa de verificación vehicular establecía la obligatoriedad sólo para las unidades modelo 1993, en tanto que para las unidades 1994 a 1998, la sustitución del convertidor debía realizarse cuando fallaran en la obtención del holograma "0" y desearan intentar obtenerlo nuevamente.

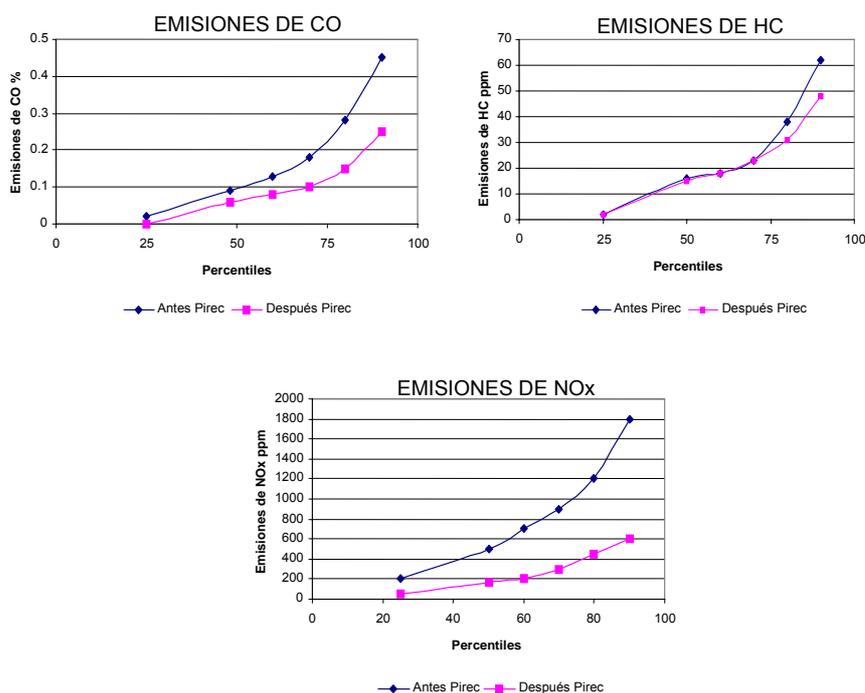


Se utilizaron las bases de datos de las verificaciones realizadas, en el Distrito Federal, en los años 1999 y 2000. De estas bases, se identificaron las emisiones del semestre inmediato anterior a la sustitución del convertidor catalítico, encontrándose que el 80% de los vehículos presentaba emisiones vehiculares tales que hubiesen logrado obtener el holograma "0" y tan sólo el 20% restante excedía algún límite de emisión que le impedía alcanzar dicho holograma.

b) Beneficio ambiental por la sustitución de los convertidores:

Este análisis se realizó obteniendo las emisiones vehiculares registradas en las bases de datos de la verificación vehicular, considerando aquellas que se presentaron previa y posteriormente a la instalación del convertidor catalítico.

Los resultados obtenidos muestran que, considerando sólo a los vehículos que cambiaron el convertidor catalítico, en el caso del monóxido de carbono el beneficio ambiental se notó fuertemente en el 30% de la flota vehicular, en el caso de los hidrocarburos el beneficio se aprecia en el 10% de la flota, en tanto que para los óxidos de nitrógeno, el beneficio impactó en el 50% de las unidades.<sup>19</sup>



**Gráfica 9.2.1 Beneficio ambiental por la sustitución de los convertidores**

c) Detección de convertidores que debieron cambiarse:

<sup>19</sup> Los gráficos fueron construidos con una muestra de 115,536 vehículos modelo 1993 que verificaron durante los dos semestres de 1999.

El último análisis consistió en aplicar un algoritmo utilizado en el estado de California, E.U.A., el cual permite conocer el estado del convertidor catalítico a través de las emisiones vehiculares medidas mediante el proceso de verificación dinámica.<sup>20</sup> El algoritmo indica que un convertidor catalítico se encuentra dañado si la concentración de monóxido de carbono (CO) es mayor a 0.3%, mientras que la concentración de oxígeno (O<sub>2</sub>) sea igual o mayor a 0.4% y la concentración de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sea menor que 14%.

Los resultados obtenidos mostraron que un 20% de los vehículos que cambiaron tal dispositivo no requerían haberlo hecho, toda vez que el convertidor catalítico aún se encontraba en buenas condiciones.<sup>21</sup>

### **Modificaciones al PIREC 2002**

Por lo anterior, se decidió modificar el esquema de aplicación del Pirec para obligar la sustitución del convertidor catalítico sólo cuando existiera evidencia que el mismo había dejado de operar. Otros elementos que se detectaron podían ser mejorados en su operación fueron:

- ✓ Homogenizar las características de los convertidores catalíticos. Existían dudas respecto a que la carga de metales que presentaban los convertidores catalíticos que se comercializaban en el mercado fuera la misma con la que se había certificado el dispositivo.
- ✓ Obligar a un tratamiento ambiental correcto de los convertidores catalíticos que se retiraban, ya que el programa no lo establecía y existía la posibilidad que los mismos se dispusieran en los tiraderos de basura constituyendo un peligro a la salud ó que se vendieran como nuevos.
- ✓ Mejorar la infraestructura de diagnóstico y mantenimiento de los talleres PIREC ya que se detectó que muchos de ellos simplemente hacían actividades de sustitución del convertidor catalítico. Esta situación no era conveniente ya que no se reparaban las causas que en su momento provocaron el decaimiento de la eficiencia del convertidor, por lo que cabía la posibilidad que el nuevo convertidor se dañara rápidamente.

A partir del segundo semestre del 2002, todas las líneas de verificación vehicular en el Distrito Federal fueron actualizadas en su software, con el objeto de aplicar el algoritmo que permite determinar la eficiencia del convertidor catalítico.

---

<sup>20</sup> Criterio del Bureau of Automotive Repair BAR-97, Documento denominado "Especificaciones de Sistemas de Inspección de Emisiones", Abril de 1996, Smog Check.

<sup>21</sup> Al intentar aplicar el algoritmo se encontró que el software de verificación erróneamente aplicaba un factor de corrección por dilución al bióxido de carbono, razón por la cual se trabajó el análisis con los datos de verificación sin corregir y se actualizó el software de forma tal que se dejó de aplicar dicha corrección.



Los vehículos modelos 1991 a 1998 cuyas emisiones vehiculares se encontraran dentro de los parámetros establecidos en el algoritmo, se les entregó un documento en donde se indicaba la obligación de sustituir el convertidor catalítico previo a su próxima visita a un Verificentro. Cabe señalar que el software de verificación vehicular contiene una base de datos en la que se incluyen a los vehículos que presentan de origen el convertidor catalítico, lo anterior para evitar solicitar la sustitución de un dispositivo que no existió.<sup>22</sup>

Los propietarios de las unidades a las que se les detectaba un mal funcionamiento del convertidor catalítico, debían acudir a un taller PIREC en donde se diagnosticaban las fallas del motor y se le informaba al conductor sobre los elementos que debían ser reparados para evitar que el nuevo convertidor rápidamente se inutilizara.

El conductor debía realizar el cambio del convertidor catalítico y, de así desearlo, realizar el mantenimiento vehicular en el taller PIREC o con el mecánico de su preferencia. Una vez concluida la sustitución del convertidor catalítico, el taller PIREC entregaba la garantía de durabilidad del dispositivo así como un sistema de control electrónico que contiene los datos del fabricante del convertidor, del taller PIREC instalador y del vehículo al que le fue instalado.

Posteriormente, el conductor llevaba su unidad a cualquier Verificentro, cuyo equipo de verificación de gases impide que el vehículo sea verificado hasta que se valide el cambio del convertidor catalítico, lo cual se hace mediante lectura del sistema electrónico.<sup>23</sup> La unidad se verificaba y obtenía el holograma correspondiente de acuerdo al año modelo y emisiones de la misma.

En el caso de los talleres, estos debían entregar a su proveedor de convertidores catalíticos cada uno de los convertidores que retiraban, para que este fuera el responsable de la destrucción ambiental de los mismos.

Este nuevo esquema obliga la sustitución de los convertidores catalíticos que han dejado de operar, en tanto que con el esquema anterior se corría el riesgo de sustituir convertidores catalíticos en buen estado (unidades 1993, 1994 y 1995 cuyos propietarios deseaban obtener el holograma "0"), ó de permitir la circulación de unidades con convertidor catalítico en mal estado (unidades 1991, 1992, 1996 y posteriores con el convertidor en mal estado).

Cabe aclarar que existieron algunas submarcas de vehículos a los cuales no les aplicó el esquema de revisión del convertidor catalítico dadas algunas consideraciones técnicas determinadas en su momento. A continuación se listan las excepciones que existieron al programa PIREC:

---

<sup>22</sup> Durante los primeros meses de operación del PIREC se encontraron algunas submarcas de vehículos que históricamente obtuvieron el holograma "0" toda vez que los registros indicaban que las unidades presentaban convertidor catalítico, pero al operar el PIREC se descubrió que esas unidades jamás portaron el dispositivo anticontaminante.

<sup>23</sup> El sistema electrónico se utiliza en el programa desde el año 2000. A partir de la actualización del PIREC, la autoridad ambiental solicitó a los proveedores de convertidores catalíticos que eligieran el sistema de control y seguimiento del programa, eligiendo ellos continuar con el ya utilizado desde el año 2000.

- ✓ Unidades de importación: Ante la falta de elementos e información que permitieran conocer con precisión si la unidad contaba con convertidor catalítico desde nuevo, se decidió excluir a los mismos del programa PIREC.
- ✓ Unidades con inyección de aire al convertidor catalítico: Existen algunos vehículos a los cuales, por diseño, se les inyecta aire directamente al convertidor catalítico con el objeto de apoyar las reacciones óxido – reductivas que se realizan dentro del dispositivo. Asimismo, la Norma Oficial Mexicana 041 permitía un contenido de oxígeno del 15% en el tubo de escape para estas unidades, por lo cual se decidió no aplicar el programa a estas unidades dado que el exceso de oxígeno que se podría encontrar en el escape afectaría la evaluación del convertidor catalítico.

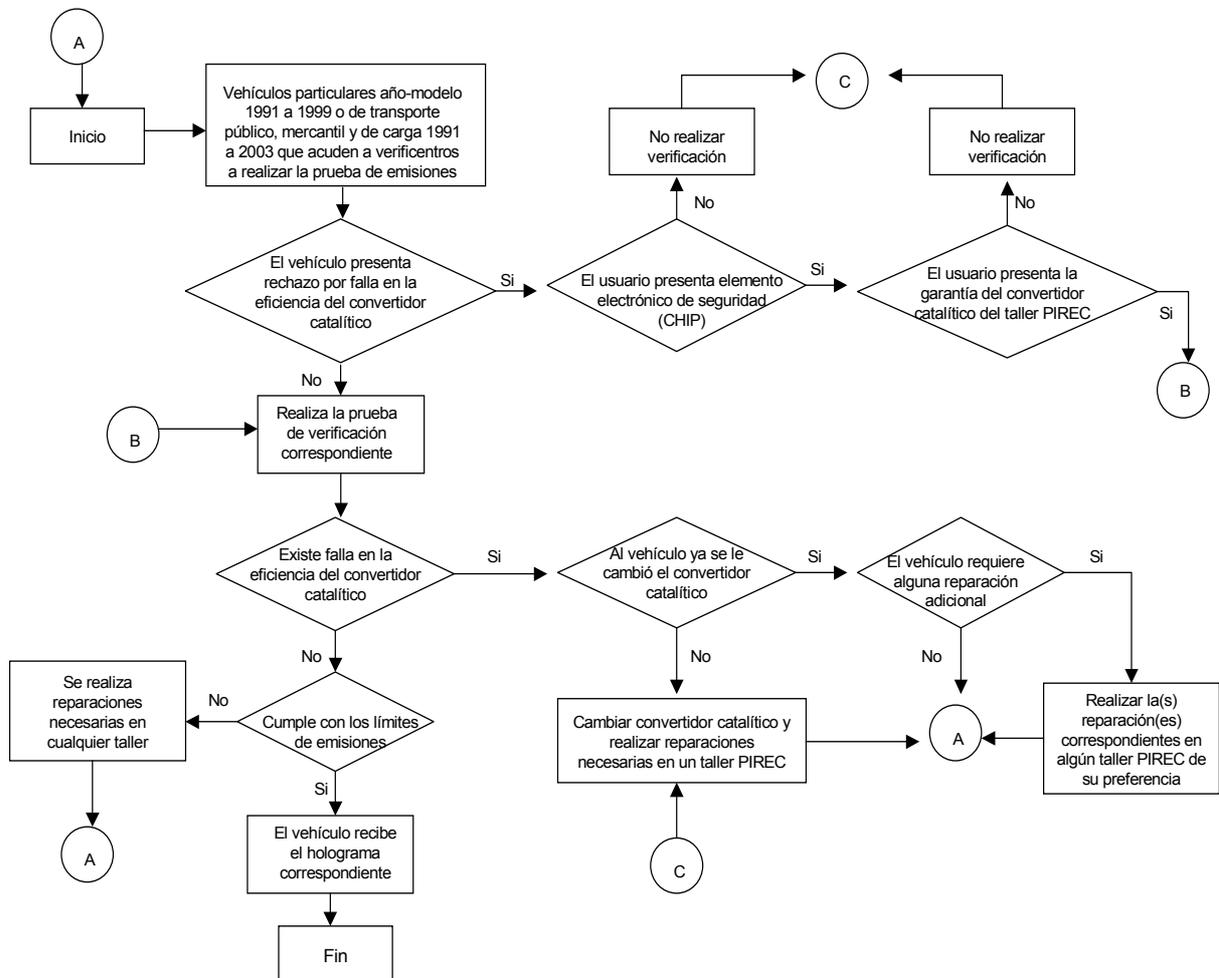


Figura 9.2.1 Esquema de operación del PIREC a partir del año 2002



El programa PIREC se ha mantenido bajo el mismo esquema de operación desde el año 2002, con la única salvedad que en el año 2005 se hicieron adecuaciones para incluir los vehículos modelo 1999 de uso particular y las unidades 1999, 2000, 2001, 2002 y 2003 de las unidades de uso intensivo.

### Evaluación de las emisiones que se dejaron de emitir

La acreditación de los convertidores catalíticos requirió de la realización de pruebas de emisión vehicular, bajo el ciclo FTP-75, en unidades con y sin convertidor catalítico, de forma tal que la diferencia existente entre ambas pruebas, permitía conocer la eficiencia de conversión de contaminantes de cada convertidor catalítico analizado.

| Vehículo de prueba         | Empresa | Sin convertidor catalítico |             |             | Con convertidor catalítico |             |             |
|----------------------------|---------|----------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|
|                            |         | HCT (g/km)                 | CO (g/km)   | NOx (g/km)  | HCT (g/km)                 | CO (g/km)   | NOx (g/km)  |
| GM CHEVY/00                | PEASA   | 1.779                      | 7.695       | 2.321       | 0.072                      | 0.29        | 0.28        |
| GM MALIBU 2000             |         | 2.673                      | 22.09       | 3.193       | 0.088                      | 0.678       | 0.1         |
| PICK UP/93                 |         | 4.587                      | 49.874      | 4.627       | 0.466                      | 4.973       | 0.343       |
| GM CHEVY/00                | KATKON  | 1.599                      | 7.046       | 2.308       | 0.055                      | 0.331       | 0.184       |
| GM MALIBU 2000             |         | 2.833                      | 21.775      | 3.146       | 0.131                      | 0.979       | 0.381       |
| GM PICK UP 1500 /93        |         | 4.54                       | 46.957      | 5.059       | 0.443                      | 4.756       | 0.523       |
| GM MALIBU 2000             | EIASA   | 2.756                      | 21.58       | 3.193       | 0.12                       | 0.848       | 0.168       |
| CHEVROLET PICK UP 1500 /93 |         | 3.97                       | 40.016      | 4.537       | 0.387                      | 4.88        | 0.376       |
| GM MALIBU LS/00            |         | 3.158                      | 25.497      | 3.675       | 0.103                      | 0.803       | 0.144       |
| GM CHEVY/00                | HBM     | 1.612                      | 7.436       | 2.33        | 0.071                      | 0.311       | 0.293       |
| GM MALIBU 2000             |         | 2.964                      | 23.861      | 3.442       | 0.112                      | 0.905       | 0.301       |
| GM MALIBU 2000             |         | 2.615                      | 21.838      | 3.408       | 0.086                      | 0.661       | 0.113       |
| VW/96                      | CARTEC  | 1.88                       | 10.53       | 2.962       | 0.105                      | 1.033       | 0.304       |
| CHEV. PICK UP 1500/93      |         | 3.211                      | 25.543      | 4.603       | 0.422                      | 3.49        | 0.578       |
| RAM PICK UP 2500           | ARVIN   | 4.631                      | 23.53       | 3.773       | 0.434                      | 2.015       | 0.552       |
| RAM PICK UP                |         | 1.316                      | 9.276       | 2.854       | 0.125                      | 1.746       | 0.156       |
| GM CHEVY /00               | BOSAL   | 1.537                      | 7.711       | 2.193       | 0.079                      | 0.318       | 0.339       |
| GM SILVERADO 2500/96       |         | 1.992                      | 23.494      | 4.211       | 0.206                      | 3.205       | 0.731       |
| GM MALIBU/00               |         | 3.026                      | 24.042      | 3.533       | 0.094                      | 0.754       | 0.226       |
| GRAND MARQUIS/99           | TRI-D   | 1.251                      | 8.642       | 3.69        | 0.136                      | 1.605       | 0.31        |
| NISSAN TSURU/00            | PRODESA | 1.464                      | 8.415       | 2.629       | 0.233                      | 1.928       | 0.38        |
| <b>PROMEDIO</b>            |         | <b>2.64</b>                | <b>20.8</b> | <b>3.41</b> | <b>0.19</b>                | <b>1.74</b> | <b>0.32</b> |

Nota: En esta tabla no se incluyó a la empresa MZ Comercialización, S.A. de C.V. toda vez que ésta realizó pruebas de durabilidad de 80 mil kilómetros en un laboratorio de E.U.A., de conformidad con la convocatoria respectiva de fecha 31 de diciembre del 2001.

**Tabla. 9.2.1 Resultados de las pruebas de certificación**

Los resultados generales indican un beneficio promedio de 19.06 gramos de monóxido de carbono, 3.09 gramos de óxidos de nitrógeno y 2.45 gramos hidrocarburos por kilómetro recorrido. Esto significa que cada vehículo que sustituya su convertidor catalítico en mal estado, deja de emitir media tonelada anual de contaminantes.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Este cálculo se realiza bajo la suposición de un recorrido de 52 kilómetros diarios durante los 365 días del año. Cabe mencionar que este recorrido se obtuvo de la realización de encuestas en diferentes puntos de abastecimiento de gasolina de la ZMVM.

Al respecto, desde que se realizó la actualización del PIREC, se han sustituido un promedio de 40 mil convertidores catalíticos anualmente lo que ha permitido abatir las emisiones vehiculares en 12,769 toneladas anuales de monóxido de carbono, 2,070 toneladas anuales de óxidos de nitrógeno y 1,641 toneladas de hidrocarburos por año.

Por otra parte, se debe considerar que el beneficio ambiental de la sustitución del convertidor catalítico puede durar varios años, por lo que es válido establecer el beneficio acumulado de la sustitución de convertidores catalíticos.

**Tabla 9.2.2 Beneficio ambiental por la sustitución del convertidor**

| AÑO          | CAMBIOS DE CONVERTIDOR | HC ton/año | CO ton/año | NOx ton/año | TOTAL ton/año |
|--------------|------------------------|------------|------------|-------------|---------------|
| 2001         | 24,193                 | 1,125      | 8,752      | 1,419       | 11,296        |
| 2002         | 25,968                 | 1,208      | 9,394      | 1,523       | 12,125        |
| 2003         | 60,837                 | 2,829      | 22,008     | 3,568       | 28,405        |
| 2004         | 38,915                 | 1,810      | 14,078     | 2,282       | 18,170        |
| 2005         | 52,875                 | 2,459      | 19,128     | 3,101       | 24,688        |
| 2006         | 1,700                  | 79         | 615        | 100         | 794           |
| <b>TOTAL</b> | <b>204,488</b>         |            |            |             |               |

Nota: El 2006 sólo incluye datos del mes de enero.

Por otra parte, al analizar los resultados de los vehículos detectados con fallas en la operación del convertidor catalítico durante el primer semestre del 2004, se encontró que cuando estos sustituyen el dispositivo, bajan sus niveles de monóxido de carbono en un 86%, los de hidrocarburos en un 81%, los de óxidos de nitrógeno en un 65%, en tanto que el bióxido de carbono se incrementa en un 11%.

|  | HC<br>ppm    | CO<br>% Vol. | NO <sub>x</sub><br>ppm | CO <sub>2</sub><br>% Vol. | O <sub>2</sub><br>% Vol. |
|--|--------------|--------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Vehículo con convertidor catalítico operando inadecuadamente</b><br> | <b>140.4</b> | <b>1.14</b>  | <b>892</b>             | <b>12.97</b>              | <b>1.05</b>              |
| <b>Vehículo con convertidor catalítico operando adecuadamente</b><br>   | <b>26.7</b>  | <b>0.16</b>  | <b>308</b>             | <b>14.39</b>              | <b>0.46</b>              |

**Figura 9.2.2 Emisiones en verificentros**

Cabe señalar que la correcta operación del programa PIREC depende directamente de la operación del programa de verificación vehicular, toda vez que es en los centros de verificación de emisiones vehiculares en donde se detecta la mala o nula operación de los convertidores catalíticos.

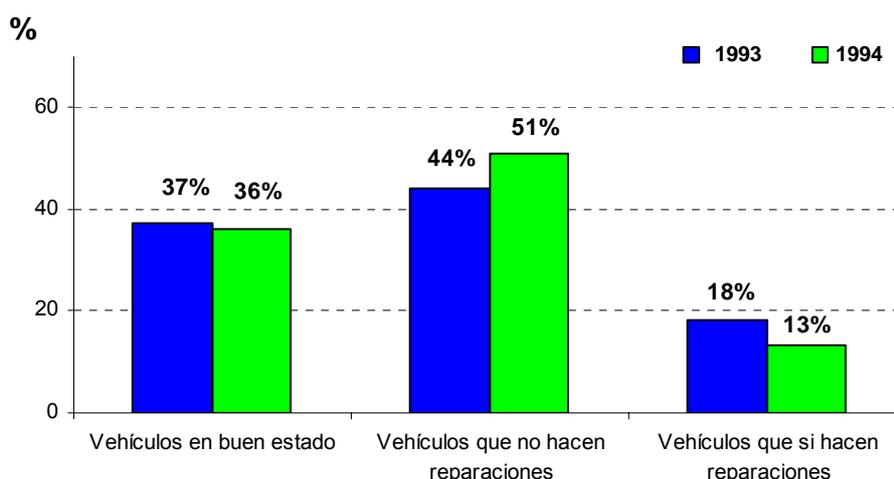


## Mantenimiento preventivo de los vehículos

Bajo el esquema actual del PIREC, los talleres están obligados a realizar un diagnóstico del estado mecánico del motor e informan al usuario de las reparaciones necesarias, toda vez que si solamente se cambia el dispositivo anticontaminante, existiendo además una falla en el motor, en poco tiempo se verá afectado el convertidor.

Por ello, la leyenda que aparece en las constancias técnicas de verificación (rechazos) por motivo del convertidor catalítico reza: *“Falla en la eficiencia del convertidor catalítico, debe acudir a un taller PIREC o Agencia Automotriz a cambiar este dispositivo anticontaminante; así como a realizar el diagnóstico y las reparaciones necesarias al motor de su vehículo”.*

Al respecto, se analizaron los documentos que acompañan a 1,000 vehículos modelos 1993 y 1994 a los cuales se les sustituyó el convertidor catalítico, encontrándose que entre el 44 y 51% de los vehículos a los que se les sustituye el convertidor catalítico no se les realizan las reparaciones al motor que recomienda el taller.



NOTA.- El estudio se realizó con un universo de 1,000 casos para cada año modelo.

### Gráfica 9.2.2 Status de vehículos que cambian convertidor catalítico

En la Gráfica 9.2.2 se muestra que el 37% de los vehículos detectados con problemas de convertidor catalítico, se encontraba en buenas condiciones operativas generales del motor y sistema de control de mezcla aire – combustible. En este sentido, es altamente probable que las causas de descompostura del convertidor catalítico sea el uso de gasolina con plomo, de algún aditivo con algún metal que envenene el convertidor o la destrucción de la cerámica por motivo de algún golpe del dispositivo.

Asimismo, se puede apreciar que entre el 13 y el 18% de los vehículos sí reciben alguna reparación, destacando los siguientes servicios: cambio de sensor de oxígeno y afinación con lavado de inyectores.

Como complemento a la anterior información, se hizo un análisis con la base de datos de los Verificentros para conocer el porcentaje de vehículos modelos 1993 y 1994 que habiendo sustituido el convertidor catalítico en el año 2002, presentaron un problema con el convertidor catalítico durante el primer semestre del 2003, detectándose que el 15% de ellos volvieron a cambiar el convertidor catalítico.

### **Eficiencia del programa**

Las empresas fabricantes, importadoras y distribuidoras autorizadas para el programa están obligadas a realizar la actividad de recolección de los convertidores catalíticos usados mismos que se envían a disposición final. De esta actividad, se conoce que el 51% de los convertidores catalíticos colectados carecen de sustrato catalítico, situación que muestra la correcta operación del algoritmo que detecta una mala operación del convertidor en unidades que no lo presentan.

Respecto al 49% de las unidades que todavía presentan estrato catalítico, el mismo puede estar derretido o tapado, razón por la cual no se llevan a cabo las reacciones de óxido – reducción en dichos dispositivos. En este sentido, existen usuarios que se presentan en las oficinas de la Dirección de Instrumentación de Políticas a exigir se les elimine la obligación de sustituir el convertidor, motivo por el cual se realiza una evaluación de la temperatura a la entrada y salida del convertidor, encontrándose que en la gran mayoría de los casos, no existe diferencia de temperatura, lo cual le ratifica al usuario la incorrecta operación del convertidor catalítico.

### **9.3 Programa Hoy No Circula**

Derivado de los graves problemas de contaminación que afectaban a la Ciudad de México a finales de los años ochentas así como de la importante participación que en materia de emisión de contaminantes tenían los automóviles, se tomó la decisión de aplicar de forma obligatoria un programa que limitara durante los días hábiles la circulación del 20% de la flota vehicular. La aplicación de esta medida, se estimó, evitaría la circulación diaria de 450,000 automotores lo que propiciaría una reducción en el consumo de gasolina cercana a los 11,800 barriles evitando la emisión de 30,000 toneladas mensuales de contaminantes.

De esta forma, el primero de marzo de 1990 se otorgó el carácter de obligatorio y permanente a la limitación de la circulación, durante día laboral y en horario comprendido entre las 5:00 y las 22:00 horas, al 20% del parque vehicular, exceptuando aquellas unidades de servicios médicos, seguridad pública, bomberos, servicio público de pasajeros y unidades en que se acredite la atención a alguna emergencia médica.



Al año siguiente y como consecuencia de la petición de organizaciones de transportistas en el Distrito Federal, se estableció la restricción del 20% del parque vehicular de transporte público de pasajeros en día hábil, considerando los mismos criterios que aplicaban al parque vehicular en general, salvo en el horario restrictivo, el cual fue de las 10:00 a las 21:00 horas.

El programa operó de esa forma hasta 1997, toda vez que el 30 de diciembre de 1996 se publicó una actualización al acuerdo establecido en 1990, mediante el cual se definieron condiciones especiales para exentar de la restricción a la circulación a vehículos de baja emisión de contaminantes. De esta forma, los vehículos a gasolina 1993 y posteriores así como los automotores pesados a diesel modelos 1998 y posteriores podían circular todos los días siempre y cuando presentaran bajos niveles de emisión, los cuales eran fiscalizados a través de la aplicación del programa de verificación vehicular.

De esta forma, el programa Hoy No Circula adquirió una doble función, por un parte evitaba la emisión de contaminantes provenientes del parque vehicular que debía descansar un día a la semana y por otro lado permitía reducir la tasa de emisión de contaminantes de los vehículos que entraban en los distintos programas para exentar la restricción a la circulación.

Las acciones que se impulsaron utilizando como incentivo la exención al programa Hoy No Circula fueron: la utilización en vehículos de gas licuado de petróleo y gas natural en sustitución de la gasolina y diesel, la autorregulación de unidades a diesel pertenecientes a flotillas de transporte de pasajeros y mercancías, la sustitución de convertidores catalíticos en mal estado, el cumplimiento acelerado de estrictas normas ambientales, e incluso el mejorar el programa de verificación de emisiones vehiculares de algunos Estados de la zona centro del país.

La aplicación de las medidas mencionadas en el párrafo anterior permitió abatir con gran éxito las emisiones vehiculares, pero al mismo tiempo propiciaron que el programa Hoy No Circula perdiera cobertura afectando paulatinamente la eficiencia del mismo y poniendo, hacia finales de esta década, en riesgo la continuidad de éste.

En el año 2003 se estimó en 3.2 millones el número de vehículos que conformaban a la flota vehicular matriculada en las dos entidades que integran la Zona Metropolitana del Valle de México. De esta flota vehicular, 1.8 millones de unidades estaban exentos del programa Hoy No Circula, lo que significa que diariamente dejaban de circular el 8.6% de la flota vehicular (276 mil vehículos), en lugar del 20% originalmente planteado.

La pérdida de cobertura del programa Hoy No Circula se debió al gran número de vehículos nuevos que anualmente se vendían en la ZMVM (cerca de 300,000 unidades), mismos que por sus emisiones vehiculares quedaban exentos de la restricción a la circulación.

De acuerdo a las ventas de vehículos registradas desde el inicio del año 2000, así como a la tasa de retiro de vehículos viejos, se estimó que la flota vehicular en la ZMVM pasaría de 2.8 a 4.3 millones de automóviles particulares para el año 2010.

**Tabla 9.3.1 Parque de la Zona Metropolitana a finales del 2003<sup>25</sup>**

|        | Particulares     | Taxis         | Micros combis | Autobuses    | Carga Otto     | Carga Diesel  |
|--------|------------------|---------------|---------------|--------------|----------------|---------------|
| <=1970 | 34,892           | 1             | 60            | 9            | 5,850          | 735           |
| 1971   | 8,231            | 2             | 8             | 1            | 1,066          | 137           |
| 1972   | 11,692           | 1             | 25            | 4            | 1,453          | 177           |
| 1973   | 17,481           | 2             | 69            | 8            | 1,835          | 230           |
| 1974   | 21,128           | 7             | 104           | 11           | 2,129          | 282           |
| 1975   | 25,271           | 10            | 150           | 36           | 2,426          | 377           |
| 1976   | 25,389           | 5             | 197           | 30           | 2,672          | 396           |
| 1977   | 19,406           | 2             | 113           | 34           | 2,031          | 191           |
| 1978   | 25,499           | 4             | 114           | 17           | 3,138          | 271           |
| 1979   | 34,476           | 6             | 174           | 27           | 3,991          | 455           |
| 1980   | 46,602           | 28            | 337           | 47           | 4,989          | 663           |
| 1981   | 57,823           | 28            | 508           | 33           | 6,439          | 885           |
| 1982   | 57,115           | 40            | 753           | 15           | 7,013          | 681           |
| 1983   | 33,649           | 26            | 438           | 14           | 2,923          | 172           |
| 1984   | 41,288           | 26            | 576           | 35           | 3,079          | 185           |
| 1985   | 50,692           | 58            | 837           | 30           | 5,353          | 347           |
| 1986   | 48,092           | 65            | 998           | 14           | 4,846          | 194           |
| 1987   | 36,072           | 77            | 781           | 6            | 3,788          | 138           |
| 1988   | 52,230           | 166           | 832           | 18           | 5,683          | 187           |
| 1989   | 74,648           | 274           | 2,121         | 22           | 7,611          | 313           |
| 1990   | 93,716           | 1,294         | 5,136         | 155          | 8,972          | 563           |
| 1991   | 105,231          | 5,316         | 8,741         | 339          | 11,344         | 802           |
| 1992   | 114,118          | 10,002        | 10,038        | 134          | 11,343         | 695           |
| 1993   | 112,616          | 8,485         | 2,893         | 219          | 11,165         | 885           |
| 1994   | 107,695          | 10,078        | 1,352         | 254          | 9,503          | 819           |
| 1995   | 67,183           | 3,952         | 1,064         | 220          | 6,249          | 792           |
| 1996   | 46,166           | 1,813         | 326           | 84           | 4,980          | 232           |
| 1997   | 85,373           | 3,852         | 525           | 650          | 11,397         | 544           |
| 1998   | 154,784          | 6,520         | 731           | 176          | 16,917         | 691           |
| 1999   | 138,033          | 5,980         | 562           | 314          | 17,317         | 1,043         |
| 2000   | 181,369          | 6,479         | 770           | 608          | 23,518         | 949           |
| 2001   | 218,188          | 9,382         | 888           | 881          | 25,607         | 1,040         |
| 2002   | 278,752          | 7,439         | 857           | 760          | 17,160         | 1,056         |
| 2003   | 267,649          | 7,077         | 926           | 444          | 11,610         | 1,281         |
| 2004   | 89,799           | 1,370         | 188           | 51           | 1,889          | 337           |
|        | <b>2,782,348</b> | <b>89,867</b> | <b>44,192</b> | <b>5,700</b> | <b>267,286</b> | <b>18,745</b> |

Fuente: Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal.

Esta cantidad de vehículos, tendría un impacto negativo en las condiciones de tránsito con lo que se esperarían reducciones importantes en la velocidad de desplazamiento de cada modo de transporte de superficie con el consecuente incremento en emisiones.

Además, este crecimiento vehicular afectaría la proporción de unidades que deberían descansar diariamente, ya que crecería el número de vehículos modelo 1993 y posteriores, y disminuiría el

<sup>25</sup> En la tabla se muestra con verde el número de vehículos que están exentos de la verificación vehicular, el resto deben dejar de circular un día a la semana. Cabe destacar que las unidades de las celdas en rojo deben dejar de circular días adicionales en caso de contingencia ambiental.



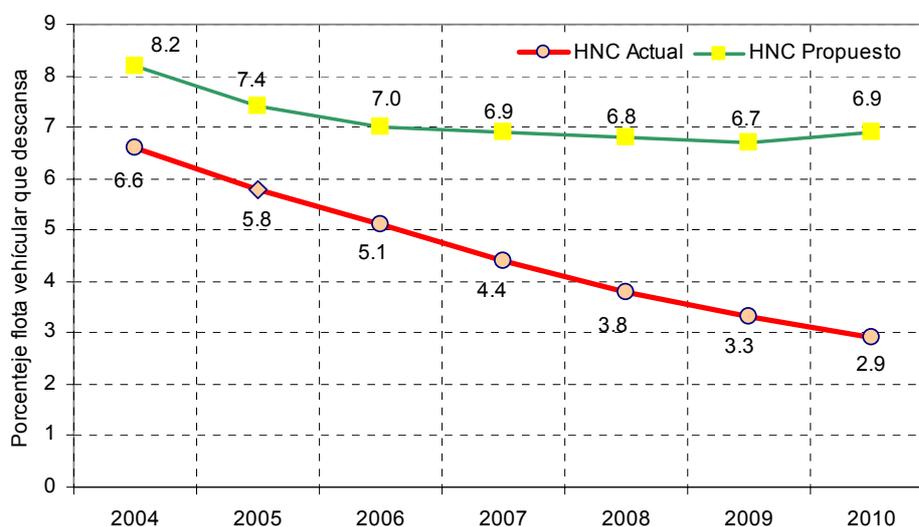
número de unidades que debían respetar la restricción de circulación, de forma tal que para el 2010 se esperaba que tan sólo el 2.9% del parque vehicular dejarían de circular diariamente.

### Actualización del programa Hoy No Circula

La actualización del programa Hoy No Circula consistió en establecer criterios de exención basados en niveles de emisión y edad de los vehículos, de forma tal que se favoreciera aumentar anualmente el parque vehicular al que se le aplica la restricción a la circulación.

De esta forma, se estableció un máximo de edad de los vehículos que pueden obtener la exención, en lugar de aplicarlo a todos los vehículos modelos 1993 y posteriores. Por ejemplo, en el caso de los vehículos particulares a gasolina la exención aplicaba para todos aquellos vehículos modelos 1993 y posteriores, en tanto que ahora aplica a los vehículos de hasta diez años de edad.

La aplicación de este esquema ha permitido incorporar 287 mil unidades a la cobertura del programa Hoy No Circula y cada año se sumará un nuevo año modelo, con lo que se estima que el número de vehículos a los que les aplicará la restricción de circulación, para el año 2010, será cercana al 7% diario, en tanto que con el esquema anterior la estimación mostraba la aplicación del programa en el 2.9% del parque. Esto significa que con la tendencia que presentaba el programa Hoy No Circula, la cobertura del programa habría aplicado a 600,000 unidades y con el nuevo esquema este programa abarcará a 1'450,000 unidades.



Fuente: Dirección de Instrumentación de Políticas SMA-GDF.

**Gráfica 9.3.1 Porcentaje de la flota que descansaría diariamente**

La situación mostrada anteriormente también se reflejará en una reducción de emisiones para el año 2010, que alcanzará las 40,000 toneladas adicionales a las reducciones que ya se alcanza con la aplicación del programa, lo cual corresponderá a un decremento del 3.1% de las emisiones totales de los vehículos. A continuación se presentan las condiciones de operación del programa Hoy No Circula, en donde los vehículos con holograma “00” o “0” están exentos del mismo:

**Tabla 9.3.2 Nuevo Hoy No Circula para unidades particulares**

|                 | HOLOGRAMA “00”                              | HOLOGRAMA “0”  | HOLOGRAMA “1”  | HOLOGRAMA “2”   |
|-----------------|---|--|--|---|
| <b>Gasolina</b> | Nuevos.<br>“No aplican límites de emisión”. | Vehículos con menos de 10 años de antigüedad con límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 1,200 ppm de NOx. | 1991 y posteriores con límites hasta 2% CO, 200 ppm HC y 1,500 ppm de NOx.   | Todos.<br><br>1991 y posteriores con límites hasta 2% CO, 200 ppm HC y 2,500 ppm de NOx.<br><br>1990 y anteriores con límites hasta 3% CO, 300 ppm HC y 2,500 ppm de NOx. |
| <b>Diesel</b>   | No aplica.                                  | No aplica.   | 1996 y posteriores con peso menor o igual a 2,727 kg con límite hasta $1.07 \text{ m}^{-1}$ .<br><br>1991 y posteriores con peso mayor a 2,272 con límite de hasta $1.27 \text{ m}^{-1}$ . | Todos.<br><br>1995 y anteriores con peso menor o igual a 2,727 Kg; así como los 1990 y anteriores con peso mayor a 2,727 con límite de hasta $1.99 \text{ m}^{-1}$ .      |
| <b>Gases</b>    | Nuevos.<br>“No aplican límites de emisión”. | Unidades con equipo certificado con límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 800 ppm de NOx.                | No aplica.   | Todos con límites hasta 1% CO, 200 ppm HC y 1,000 ppm de NOx.   |

**Tabla 9.3.3 Nuevo Hoy No Circula para transporte de pasajeros**

|                 | HOLOGRAMA “00” | HOLOGRAMA “0”  | HOLOGRAMA “1”   | HOLOGRAMA “2” |
|-----------------|----------------|--|---|---------------|
| <b>Gasolina</b> | No aplica.     | Vehículos con menos de cuatro años de antigüedad con límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 800 ppm de NOx.           | Todos con límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 1,200 ppm de NOx.   | No aplica.    |
| <b>Diesel</b>   | No aplica.     | Vehículos con menos de ocho años de antigüedad con peso mayor a 3,857 kg y con límite hasta $1 \text{ m}^{-1}$ . | Todos.<br><br>1996 y posteriores con peso menor o igual a 2,727 kg y límite hasta $1.07 \text{ m}^{-1}$ .<br><br>1991 y posteriores con peso mayor a 2,272 y límite hasta $1.27 \text{ m}^{-1}$ .<br><br>1995 y anteriores con peso menor o igual a 2,727 kg; así como los 1990 y anteriores con peso mayor a 2,727 con límite de hasta $1.99 \text{ m}^{-1}$ . | No aplica.    |
| <b>Gases</b>    | No aplica.     | Unidades con equipo certificado y límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 800 ppm de NOx.                              | Todos con límites hasta 1% CO, 200 ppm HC y 1,000 ppm de NOx.   | No aplica.    |



Tabla 9.3.4 Nuevo Hoy No Circula para unidades de carga

|                 | HOLOGRAMA "00"                   | HOLOGRAMA "0"   | HOLOGRAMA "1"   | HOLOGRAMA "2"  |
|-----------------|----------------------------------|---|---|--|
| <b>Gasolina</b> | Nuevos.<br>"No aplican límites". | Vehículos con menos de 10 años de antigüedad con límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 1,200 ppm de NOx.            | 1994 y posteriores con límites hasta 2% CO, 200 ppm HC y 1,500 ppm de NOx.  | Todos.<br><br>1993 y posteriores con límites hasta 3% CO, 350 ppm HC y 2,500 ppm de NOx.<br><br>1994 y posteriores con límites hasta 2% CO, 200 ppm HC y 2,500 ppm de NOx. |
| <b>Diesel</b>   | No aplica.                       | Vehículos con menos de ocho años de antigüedad con peso mayor a 3,857 kg y con límite hasta 1 m <sup>-1</sup> . | 1996 y posteriores con peso menor o igual a 2,727 kg y con límite hasta 1.07 m <sup>-1</sup> .<br><br>1991 y posteriores con peso mayor a 2,272 y límite hasta 1.27 m <sup>-1</sup> . | Todos.<br><br>1995 y anteriores con peso menor o igual a 2,727 Kg; así como los 1990 y anteriores con peso mayor a 2,727 con límite de hasta 1.99 m <sup>-1</sup> .        |
| <b>Gases</b>    | Nuevos.                          | Unidades con equipo certificado y con límites hasta 1% CO, 100 ppm HC y 800 ppm de NOx.                         | NA.   | Todos con límite hasta 1% CO, 100 ppm HC y 1,000 ppm de NOx.   |

Los vehículos que están exentos de la aplicación del Hoy No Circula son:

- ✓ Servicios médicos,
- ✓ Seguridad pública,
- ✓ Bomberos, rescate y protección civil,
- ✓ Unidades de servicios urbano, siempre que obtenga la autorización otorgada por la autoridad ambiental correspondiente,
- ✓ Servicio público federal de transporte de pasajeros,
- ✓ Servicio de transporte escolar y de personal siempre y cuando cuente con la autorización para prestar el servicio por parte de la autoridad competente,
- ✓ Unidades de cualquier tipo que no emitan emisiones contaminantes derivadas de la combustión,
- ✓ Vehículos de cualquier tipo que atiendan alguna emergencia médica,
- ✓ Unidades que transporten personas discapacitadas y que cuenten con matrícula de identificación de discapacidad ó que porten los documentos que para tal fin expida la autoridad competente en el Distrito Federal,
- ✓ Los vehículos que obtengan el holograma de verificación "00" ó "0" de acuerdo a los criterios que para tal efecto se establezcan en el programa de verificación vehicular obligatorio del Distrito Federal. En el caso de Contingencia Ambiental, los hologramas "0" y "00" serán los únicos exentos,
- ✓ Los vehículos que la Secretaría de Medio Ambiente determine a través del establecimiento de programas o convenios, mediante los cuales se garantice una reducción de sus niveles de emisión,

- ✓ Vehículos que por sus pesos y dimensiones estén imposibilitados de verificar, no obstante lo anterior se deberán respetar las restricciones señaladas en el Programa de Contingencias Ambientales.

### **Vehículos ligeros a diesel**

El programa Hoy No Circula nunca ha incluido a los vehículos de diesel ligeros en algún esquema de exención, situación que presumiblemente se debió a las siguientes razones:

- ✓ Los vehículos ligeros a diesel, a diferencia de sus similares a gasolina, no presentan pruebas de certificación del cumplimiento de la norma oficial mexicana que establece los límites máximos de emisión de autos nuevos.
- ✓ La norma oficial mexicana que establece el límite máximo de emisión de contaminantes de estos vehículos en circulación sólo establece niveles de opacidad y no de gases (tal como ocurre con sus similares de gasolina).
- ✓ El procedimiento de verificación de emisiones de vehículos a diesel en circulación presenta errores técnicos que evita la detección de unidades en mal estado.
- ✓ El principal problema de emisiones de los vehículos a diesel son los óxidos de nitrógeno y las partículas, de la misma forma los principales problemas de contaminación del aire en la ZMVM son el ozono (del cual los óxidos de nitrógeno es un precursor primordial) y las partículas suspendidas.
- ✓ Las unidades a diesel que en el pasado se comercializaron en México mostraban unidades ruidosas y con alto nivel de emisión de partículas.

En el 2005 la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz se reunió con las autoridades de la Comisión Ambiental Metropolitana para solicitar la exención al programa Hoy No Circula de las camionetas Eurovan a diesel que se comenzaban a comercializar en el país. Los argumentos utilizados para sustentar la petición fue el alto rendimiento de estas unidades, la baja emisión de bióxido de carbono<sup>26</sup>, y el que las emisiones de contaminantes presentan una menor tendencia a incrementarse con el uso.

Derivado de esta petición, se signó un convenio de colaboración con la AMIA bajo el cual se otorgaría la exención a los vehículos que ya hubiesen sido vendidos, siempre y cuando se realizara una investigación que permitiera obtener un protocolo de prueba más adecuado para la verificación de emisiones de las unidades en circulación, analizar la conveniencia y factibilidad de verificar gases, además de opacidad, de establecer los límites de emisión y de aplicar pruebas en laboratorios de emisiones ubicados en el país para conocer el comportamiento de estas unidades

---

<sup>26</sup> Gas responsable de los problemas del cambio climático en el mundo.



respecto a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana para unidades nuevas. A continuación se mencionan los resultados obtenidos hasta el momento:

- ✓ Se eligieron los protocolos de prueba SAEJ 1667 y una modificación del DT80 para realizarle pruebas a los vehículos ligeros a diesel, acondicionando tres verificentros para la aplicación de la prueba.
- ✓ Los resultados obtenidos hasta el momento no permiten reportar un resultado concluyente ya que se han encontrado problemas con los opacímetros. Sin embargo, las pruebas realizadas por VW presentan pruebas cercanas al  $0.6 \text{ k}^{-1}$  utilizando un opacímetro de 0.43 centímetros de longitud.
- ✓ Se realizaron pruebas con carácter académico en el laboratorio de emisiones de la VW en Puebla en donde se constató que los vehículos que se comercializan en el país presentan problemas para cumplir con los niveles de emisión de óxidos de nitrógeno y partículas (situación que puede deberse a la altura de la Ciudad en donde se realizaron las evaluaciones).

Se espera concluir el estudio durante el presente año, y al finalizar el mismo se definirá si los vehículos a diesel ligeros podrán o no obtener el holograma "0" y de esta forma exentar el programa Hoy No Circula.

## 9.4 Autorregulación de flotillas a diesel

La fiscalización de las emisiones vehiculares de los vehículos a diesel, a diferencia de sus similares a gasolina, deja mucho que desear tanto en el caso de las unidades nuevas como en el caso de los vehículos en circulación.

En el caso de las unidades nuevas, la Norma Oficial Mexicana-044-SEMARNAT-1993, estableció los niveles máximos permisibles de emisiones que los vehículos con motores a diesel podían presentar. La norma estableció límites de emisión idénticos a los aplicados en los Estados Unidos de Norteamérica denominados EPA 91, EPA 94 y EPA 98, pero la propia norma fijó la obligatoriedad del cumplimiento de los valores cuando existiera disponibilidad de diesel con bajo contenido de azufre<sup>27</sup> en todo el territorio nacional.

De esta forma y bajo el argumento de la falta de diesel de bajo azufre en el territorio nacional, se comercializaron durante varios años, automotores que no cumplían con los valores de emisión establecidos. Adicionalmente, la propia norma estableció que la certificación de los valores se realizaría con los métodos, procedimientos y combustibles establecidos por la EPA<sup>28</sup> en tanto no

<sup>27</sup> 0.05% de contenido de azufre.

<sup>28</sup> Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica.

existiera laboratorios de emisiones en el país, razón por la cual hoy día se siguen aceptando certificados del país de origen y no se verifica el cumplimiento de las normas en el país.

Con relación a las unidades a diesel en circulación, existen dos normas oficiales mexicanas que les aplican, una se refiere a los límites máximos permisibles de opacidad, y la otra contiene el procedimiento de medición y el equipo que debe utilizarse para realizar la medición.

La primera norma sólo establece la medición de opacidad<sup>29</sup> expresada como coeficiente de absorción de luz. En el caso de la norma que establece el procedimiento de medición, la misma contiene algunos errores técnicos que la hacen inservible, siendo los más graves el solicitar aplicar la prueba de ralentí a corte de gobernador (con lo que la medición no es representativa del golpe de humo de los vehículos), y el no establecer un tamaño estándar de los opacímetros (con lo que el coeficiente de absorción de luz, para un mismo vehículo, variará hasta en un 60% de acuerdo al tamaño de cada opacímetro).

De esta forma, resulta claro que a pesar de la existencia de la normatividad que aplica a los vehículos a diesel en el país, existen problemas en el control de las emisiones que emiten estos vehículos.

Dada esta situación, el Gobierno del Distrito Federal lanzó desde hace una década un programa denominado “Autorregulación de vehículos a diesel”, el cual tiene el objetivo de reducir la emisión de partículas que emiten los automotores a diesel pertenecientes a empresas mercantiles, de carga y rutas de transporte público de pasajeros, a través de la aplicación de estrictos programas de mantenimiento vehicular y de la observancia voluntaria de niveles de emisión de opacidad 40% menores a los establecidos en la norma oficial mexicana correspondiente.

### **Operación del programa**

Los vehículos a diesel inscritos al programa de autorregulación se sujetan a estrictos controles de mantenimiento preventivo que pueden ser otorgados por el personal de las empresas o por mecánicos especialistas en diesel ajenos a la empresa. El programa de mantenimiento preventivo debe incluir por lo menos los siguientes aspectos: cambio de aceite, cambio de filtros de aceite y aire, afinación de inyectores, bomba y turbocargador, revisión del sistema de enfriamiento, revisión de fugas de aceite y líquidos, bitácora de servicios, realización de pruebas de opacidad trimestralmente.

De estos elementos, la afinación de la bomba de aire y la realización de pruebas de opacidad merecen una mención especial ya que, en el caso de la bomba de aire, se establece la dosificación de combustible ideal de acuerdo al recorrido de cada unidad con lo cual se propicia una menor

---

<sup>29</sup> Situación que aplica prácticamente en todo el mundo, pero que en los últimos años ha comenzado a cambiar con el objeto de conocer el comportamiento de los óxidos de nitrógeno.



emisión de contaminantes y ahorro de combustible<sup>30</sup>. En lo que respecta a la verificación trimestral de la unidad, esta actividad es desarrollada por personal ajeno a la empresa y permite evaluar el estado de las unidades y la eficiencia del programa de mantenimiento.

Cabe mencionar que en aquellas unidades en las cuales un buen mantenimiento no resulta suficiente para alcanzar los estrictos niveles de opacidad que el programa solicita<sup>31</sup>, son instalados sistemas avanzados de control de emisiones vehiculares tales como convertidores catalíticos a diesel. Estos dispositivos reducen la emisión de monóxido de carbono e hidrocarburos, de forma tal que elimina la parte orgánica presente en las partículas de carbón provenientes de los motores de diesel, logrando reducciones en los valores de opacidad del orden del 20%.

Las unidades que cumplen con los elementos mencionados quedan exentas de la restricción a la circulación vehicular impuesta por el programa Hoy No Circula, para lo cual se les entrega un distintivo visual que permite al policía de tránsito, la fácil y rápida identificación de las unidades que pueden circular los 365 días del año.



Figura 9.4.1 Distintivo del programa de autorregulación de vehículos a diesel

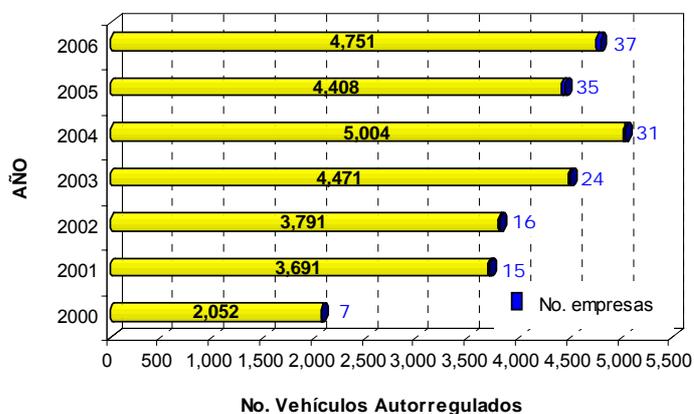
## Evaluación de la autorregulación

Al inicio de la administración 2000 – 2006 estaban registradas en el programa siete empresas cuya flota vehicular sumaba 2,052 unidades. En el año 2001 se dio una apertura al número de laboratorios diesel que podían participar en el programa, situación que favoreció el crecimiento de las empresas autorreguladas ya que los laboratorios especializados en diesel, con el objeto de procurarse trabajo, se dieron a la tarea de promover la participación de nuevas empresas.

<sup>30</sup> Una de las empresas participantes en coordinación con personal de la empresa que les vendió unidades a diesel, desarrolló una modificación a la tarjeta de control de la electrónica de la bomba, con lo cual pudieron reducir el consumo de diesel en alrededor de 30 litros diarios por unidad, lo que significó un ahorro mensual de 700 dólares mensuales por camión.

<sup>31</sup> La empresa autorregulada esta obligada a entregar cada trimestre el reporte del coeficiente de absorción (K) de cada una de sus unidades, el cual no debe ser mayor de  $0.76 \text{ m}^{-1}$

De esta forma, el número de empresas creció en tan sólo seis años de siete a 37 y en el caso del parque vehicular, este se duplicó al alcanzar las 4,701 unidades en el 2006.



**Gráfica 9.4.1 Evolución del programa de autorregulación**

La aplicación de un estricto programa de mantenimiento al parque vehicular ha permitido bajar el promedio de la opacidad de las unidades autorreguladas en 65.4% con relación a sus similares no autorreguladas ya que presentan una emisión de  $0.37 \text{ m}^{-1}$  versus el  $0.85 \text{ m}^{-1}$  que alcanzan los vehículos sin autorregulación. Estos vehículos dejan de emitir alrededor de 800 toneladas de contaminantes anualmente<sup>32</sup>.



**Figura 9.4.2 Comparación de emisiones de unidades Sin y Con convertidores.**

<sup>32</sup> El cálculo de emisiones se realiza considerando los resultados obtenidos de la evaluación del laboratorio del West Virginia University, de vehículos autorregulados en 1998.



En el caso de las empresas autorreguladas, la aplicación del programa les permite la operación diaria del total de su flota vehicular con lo que existe una disponibilidad inmediata de un 20% más de parque vehicular. Esta situación permite a las empresas el ampliar la cobertura de sus productos y servicios ó el sustituir al parque vehicular más viejo.

Asimismo, el correcto mantenimiento de los vehículos aunado a la calibración adecuada de la bomba de combustible propicia ahorros importantes en el consumo de combustible. Este ahorro es tan alto que muchas de las empresas que han renovado su flota vehicular continúan en el programa, a pesar que por las condiciones de sus vehículos podrían estar exentos del programa Hoy No Circula sin necesidad de estar autorregulados.

Otro de los beneficios obtenidos es el apoyo de las empresas autorreguladas en la realización de pruebas de opacidad utilizando protocolos de prueba distintos al establecido en la norma oficial mexicana. En este sentido, se han aplicado cerca de 9,000 pruebas de evaluación de emisiones utilizando el método internacional SAEJ1667 mismo que ha quedado establecido en la actualización de la NOM 045, la aplicación de estas pruebas fue en apoyo al grupo de trabajo<sup>33</sup> normativo que requería conocer el comportamiento de las unidades para establecer los valores de opacidad a normar. La Tabla 9.4.1 presenta los resultados obtenidos en estas pruebas.

**Tabla 9.4.1 Resultados de las pruebas de opacidad**

| Percentil                                | Opacidad [%]                           |                                    |                                    |
|--|--|------------------------------------|------------------------------------|
|  | 125 Vehículos modelo 1990 y anteriores | 3,899 Vehículos modelo 1991 y 1997 | 3,256 Vehículos modelo 1991 y 1997 |
| 10                                       | 31.4                                   | 15.1                               | 12.5                               |
| 20                                       | 36.6                                   | 22.7                               | 17.2                               |
| 30                                       | 39.3                                   | 28.2                               | 20.7                               |
| 40                                       | 43.5                                   | 33.2                               | 24.7                               |
| 50                                       | 50.4                                   | 37.4                               | 28.6                               |
| 60                                       | 56.0                                   | 41.8                               | 33.2                               |
| 70                                       | 63.9                                   | 46.6                               | 39.0                               |
| 80                                       | 68.3                                   | 52.3                               | 45.2                               |
| 90                                       | 77.9                                   | 60.2                               | 53.2                               |
| <b>Límites propuestos por la SMA-GDF</b> | <b>70%</b>                             | <b>55%</b>                         | <b>40%</b>                         |

## 9.5 Combustibles alternos

Se denominan combustibles alternos todos aquellos combustibles vehiculares cuya combustión libera una menor cantidad de contaminantes que la generada por vehículos similares que utilizan gasolina o diesel. En la Ciudad de México se utiliza desde hace varios años el gas licuado de petróleo y el gas natural para uso vehicular, además de haberse evaluado sin gran éxito el uso de etanol y metanol.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> El grupo de trabajo no realizó más de 100 pruebas en un lapso de cuatro años, en tanto que las empresas autorreguladas cooperaron con más de 9,000 pruebas en un período de tiempo menor (en tres meses se pueden obtener cerca de 3,500 pruebas correspondientes a las empresas autorreguladas en el DF).

<sup>34</sup> En el país se han hecho algunos ensayos con biodiesel.

La Comisión Ambiental Metropolitana lanzó en 1991 un programa de uso de gas licuado de petróleo y gas natural vehicular, que tenía como objetivo principal el abatir la emisión de contaminantes provenientes de las flotillas pertenecientes a empresas industriales y de servicio así como regularizar la situación de las conversiones de los vehículos que ya operaban con gas licuado de petróleo bajo condiciones inadecuadas de seguridad.

Los incentivos para usar gases carburantes en el sector vehicular fueron la exención a la restricción vehicular impuesta por el programa Hoy No Circula (con lo que les permitía disponer del 20% adicional de vehículos) y el ahorro generado por el diferencial de precios existente entre los gases y la gasolina.

El uso de gas licuado de petróleo se popularizó rápidamente entre las empresas que poseían flotillas de reparto, principalmente de las industrias de alimentos y bebidas. Estas empresas tenían la posibilidad de realizar las conversiones de sus vehículos atendiendo las indicaciones de seguridad y medio ambiente, además resolvían el problema de la carga de combustible, instalando estaciones de autoabasto en sus patios.

Sin embargo, el diferencial de precios existente entre el gas licuado de petróleo y la gasolina fue un incentivo suficiente para que el sector del transporte privado de pasajeros (microbuses principalmente), comenzará a convertirse al uso de gas. Desafortunadamente, la gran mayoría de las conversiones fueron realizadas sin acatar las reglas de seguridad establecidas en la normatividad correspondiente de forma tal que era común encontrar tanques domésticos de gas bajo el asiento trasero de los microbuses, exponiendo a los pasajeros a la inhalación de hidrocarburos y propiciando un riesgo de incendio en caso de fuga del combustible.

Otra situación ignorada en las conversiones de pasajeros fue la ambiental, ya que el uso de convertidor catalítico y el circuito cerrado de mezcla aire-combustible incrementaba el costo de la conversión en más del 40%, de tal forma que simplemente se omitía la instalación del mismo, situación que propiciaba una mayor emisión de contaminantes de estos vehículos respecto a sus emisiones originales con gasolina.

Otro problema generado por el uso de gas licuado de petróleo en los microbuses fue el abastecimiento de combustible para estas unidades ya que varias empresas comercializadoras de gas, ávidas de diversificar sus ventas, acercaban el producto al consumidor a través del abastecimiento de combustible con autotanques. De esta forma, se comenzó a distribuir gas de forma clandestina e insegura en parques, panteones, terrenos baldíos, etc., cambiando continuamente de predio para evitar ser sancionados.

En el caso del gas natural, su utilización no ha sido tan amplia debido al mayor costo del sistema de conversión (llega a triplicar el costo de su similar a gas licuado de petróleo) y a la limitación de los sitios de abastecimiento (es imposible el abastecimiento en sitios no autorizados). Pese a ello,



existieron experiencias exitosas en el uso de combustible por parte de flotillas de gobierno y microbuses que fueron convertidos al uso de este gas a través de un programa especial apoyado por el Gobierno Francés.

### Operación del programa de combustibles alternos

El Gobierno de la Ciudad de México otorga el beneficio de la exención al programa Hoy No Circula a todos aquellos vehículos que operan con cualquiera de los dos gases carburantes, cuya conversión vehicular cumple con los lineamientos de seguridad establecidos en las normas NOM-005-SEDG-1999 y NOM-011-SECRE-00, que utilice equipos certificados desde el punto de vista ambiental y que presente bajas emisiones vehiculares en su revisión periódica de gases en Verificentros.

Las empresas que desean ser incorporadas al padrón de talleres autorizados para la realización de las conversiones a gas licuado de petróleo o gas natural deben acreditar la reducción de emisiones que provoca su equipo, para lo cual se aplica una prueba FTP75 en el Instituto Mexicano del Petróleo. Las emisiones que deben acreditar son:

**Tabla 9.5.1 Vehículos de 400 a 3,000 kilogramos de peso bruto vehicular**

| Contaminante        | Modelos 1991 en adelante (g/km) | Modelos hasta 1990 (g/km) |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Hidrocarburos       | 0.25                            | 0.4                       |
| Óxidos de Nitrógeno | 0.54                            | 1.2                       |
| Monóxido de carbono | 2.9                             | 6.0                       |

**Tabla 9.5.2 Vehículos de 3,000 a 5,500 kilogramos de peso bruto vehicular**

| Contaminante        | Modelos 1991 en adelante (g/km) | Modelos hasta 1990 (g/km) |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Hidrocarburos       | 0.3                             | 0.4                       |
| Óxidos de Nitrógeno | 1.0                             | 1.2                       |
| Monóxido de carbono | 3.0                             | 6.0                       |

Una vez que se logra aprobar la prueba realizada en el IMP, se genera la certificación correspondiente en donde se especifican los componentes del sistema utilizado así como los vehículos en que puede ser aplicada la conversión vehicular.

En el año 2001, se disponía de un padrón de 25 empresas instaladoras que contaban con 49 certificaciones y 9 autorizaciones<sup>35</sup> para llevar a cabo los trabajos de conversión vehicular en las flotillas de carga de las empresas mercantiles. Sin embargo, a partir del 2002 se realizó un proceso de revisión y regularización de los expedientes de las empresas, lo cual dio como resultado que no

<sup>35</sup> La autorización varía de la certificación en que para la primera no existen pruebas demostrativas de las emisiones vehiculares, las cuales se omiten por no disponer en el país de un laboratorio para vehículos pesados.

se hayan revalidado cinco empresas y cinco más han preferido realizar los trámites en el Estado de México<sup>36</sup>.

**Tabla 9.5.3 Empresas instaladoras**

| Año  | Empresas | Certificaciones | Autorizaciones |
|------|----------|-----------------|----------------|
| 2001 | 25       | 49              | 9              |
| 2005 | 20       | 29              | 11             |

En el caso del gas natural, en el 2001 existían 3 empresas instaladoras que contaban con cuatro certificaciones, para el 2005 se incrementó el padrón en un 60% y una certificación adicional, sin embargo, para el 2006, sólo existe una empresa que ofrece el servicio de instalación y mantenimiento al uso de este combustible.

Con relación a las empresas que desean exentar del programa Hoy No Circula a sus vehículos convertidos a gas natural o licuado de petróleo deben presentar ante la autoridad ambiental la documentación que demuestre la utilización de equipo certificado, la realización de la conversión ante alguna empresa certificada y el cumplimiento de la norma federal de seguridad<sup>37</sup>. La autoridad ambiental realiza una revisión de los documentos presentados así como de los vehículos convertidos y, en caso de ser aprobatorias las dos revisiones, se entrega un documento que permite a los vehículos obtener el holograma cero de verificación vehicular siempre y cuando cumplan con estrictos valores de emisión vehicular.

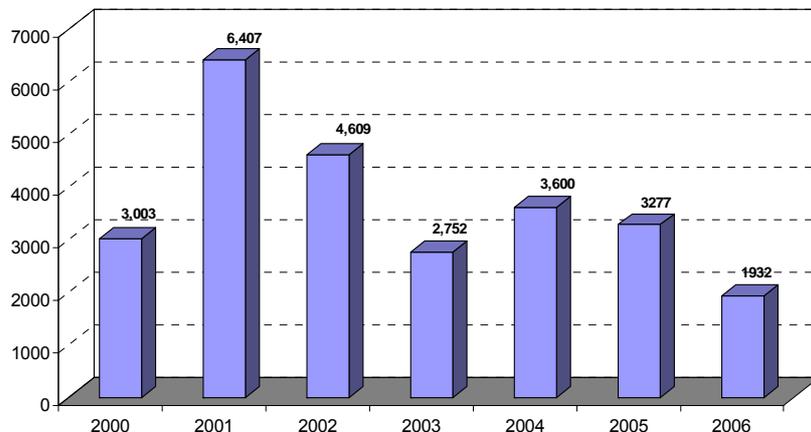
De esta forma, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal ha establecido lineamientos que garanticen el uso seguro y ecológico del gas licuado de petróleo y del gas natural. Sin embargo, al ser voluntario el sumarse al programa se han observado los siguientes problemas en el uso del gas licuado de petróleo.

- ✓ Se estima en 70,000 el número de unidades que carburan a GLP en la Zona Metropolitana del Valle de México. Sin embargo, sólo alrededor de tres mil unidades tramitan su exención semestral al programa Hoy No Circula, si consideramos que una cifra similar realiza su trámite en el Estado de México, entonces resulta que alrededor de 58,000 unidades circulan en condiciones ambientalmente inadecuadas.<sup>38</sup>

<sup>36</sup> Este programa es de carácter metropolitano, por lo que las empresas pueden decidir libremente la entidad en la que realizan sus trámites.

<sup>37</sup> Este documento lo emiten las unidades verificadoras autorizadas por la Secretaría de Energía del país.

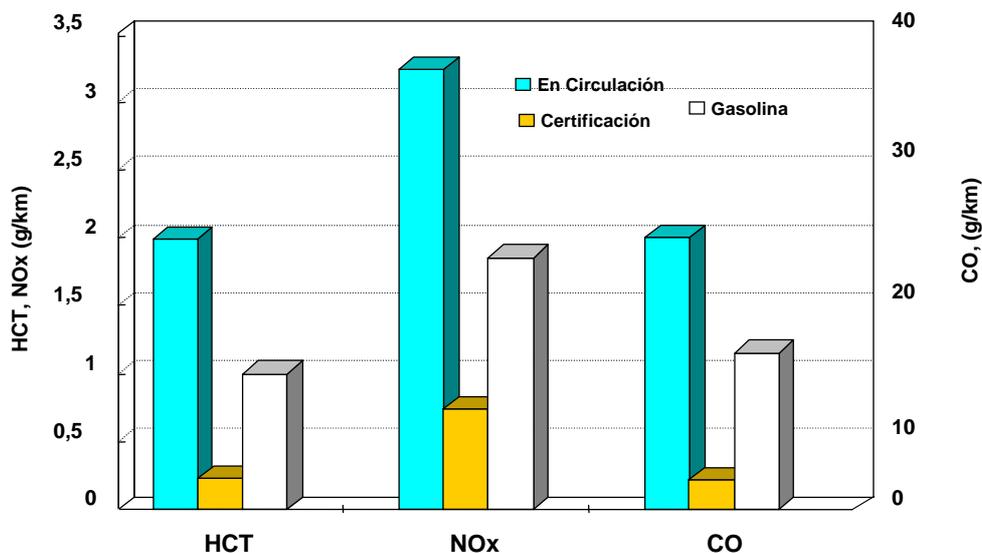
<sup>38</sup> Estas unidades circulan en estricto cumplimiento a las normas ambientales mexicanas, aunque generan mucha más contaminación de la que podrían emitir al utilizar equipo certificado de conversión.



Fuente: Secretaría del Medio Ambiente del GDF.

### Gráfica 9.5.1 Vehículos a GLP atendidos en la actual administración

- ✓ La Secretaría de Energía del país ha sido incapaz de dar seguimiento institucional al correcto uso del gas licuado de petróleo. En el año 2004, la Secretaría de Transportes y Vialidad reportó un padrón de 17 mil 913 microbuses que emplean combustibles alternos, de los cuales usan GLP el 98% y GN el 2%. No obstante lo antes señalado, la Dirección General de Gas Licuado de Petróleo de la Secretaría de Energía reportó que en el 2004, únicamente se expidieron 2 mil 264 dictámenes a los microbuses.
- ✓ Para atacar esta situación, la Secretaría del Medio Ambiente estableció como requisito de la verificación de emisiones vehiculares de unidades a gas licuado de petróleo, la presentación de los documentos otorgados por unidades verificadoras. Como resultado se obtuvo que cerca del 58% de la unidades que utilizan gas licuado de petróleo no se presentan a verificar con regularidad (probablemente adquieren hologramas robados) y otro tanto se presentan a verificar utilizando gasolina.
- ✓ La situación de los vehículos que no verifican fue informada con oportunidad a las áreas de seguridad pública así como a la de transportes y vialidad del Gobierno de la Ciudad de México, para que se procediera conforme a derecho.
- ✓ Las emisiones que presentan los vehículos a gas licuado de petróleo dejan mucho que desear respecto a las obtenidas durante el proceso de certificación de equipos, lo cual muestra una falta de mantenimiento de los vehículos, como lo evidencian pruebas efectuadas en el IMP que muestran incrementos. En las pruebas se observó que las unidades a gas emiten prácticamente el mismo nivel de monóxido de carbono e hidrocarburos, pero un 20% más de óxidos de nitrógeno que sus similares a gasolina.



Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica, 1997.

**Gráfica 9.5.2 Emisiones comparativas GLP vs gasolina**

Para evitar este problema, la Secretaría del Medio Ambiente dejó de otorgar la exención al Hoy No Circula de forma automática y ahora se debe demostrar una baja tasa de emisión en cada verificación vehicular para obtener la exención.

### Situación actual del programa de combustibles alternos

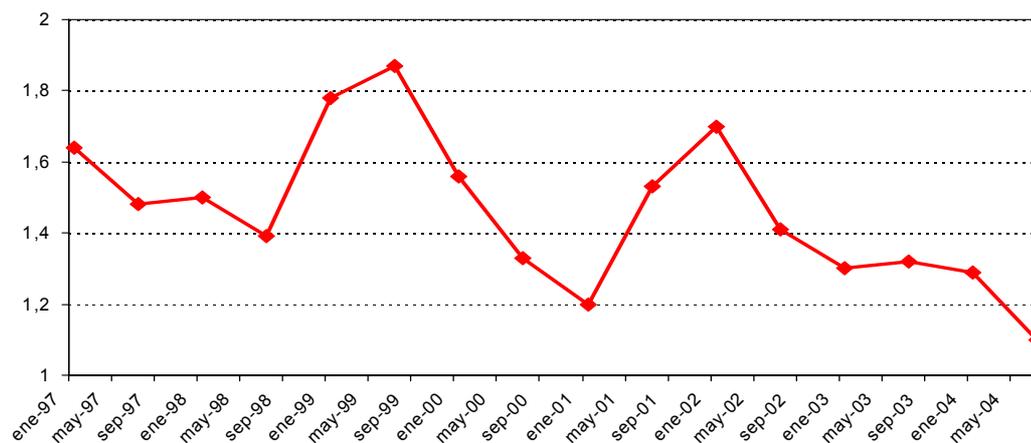
En la actualidad el uso de gases carburantes esta perdiendo terreno rápidamente frente a los combustibles tradicionales, las razones son variadas pero la principal es sin lugar a dudas el acortamiento del diferencial de precios entre los combustibles. A continuación se listan las causas que están desalentando el uso de los gases:

- ✓ El diferencial de costo entre la gasolina y el gas licuado de petróleo se acorta mes con mes, pasando casi del doble el costo de la gasolina en septiembre de 1999 a tener una paridad en mayo del 2004, situación que elimina uno de los incentivos del uso del gas.
- ✓ La introducción al mercado mexicano de unidades ligeras a diesel que compiten respecto al rendimiento y al costo de combustible con sus similares a gas, pero presentan mejor torque, tienen mayor autonomía por tanque de combustible, no tienen limitaciones para su operación en carretera<sup>39</sup>, tienen mayor vida útil y mejor costo de reventa.

<sup>39</sup> Las unidades dedicadas a gas están limitadas a circular en zonas en donde aseguren la carga de combustible. En este sentido está más desarrollada la red de suministro de diesel.



- ✓ Los nuevos desarrollos automotrices presentan unidades a gasolina y diesel con propiedades ambientales similares a las de gas natural o gas licuado de petróleo, por lo que la parte ambiental ya no es un factor determinante.
- ✓ Otorgamiento del holograma cero a todos los vehículos a gasolina con bajas tasas de emisión sin importar el peso bruto vehicular, lo que limita el interés de convertir a la unidad.<sup>40</sup>



Fuente: Secretaría de Energía, 2005.

Precio promedio ponderado al público, corregido en términos de eficiencia con respecto a la gasolina magna.

**Gráfica 9.5.3 Precio relativo entre gasolina y GLP**

## 9.6 Proyecto Retrofit para Autobuses Urbanos a Diesel

En la ZMVM el parque vehicular a diesel contribuye con el 70% de las emisiones de partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ), el 77% de las menores a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ) y con el 23% de los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) con respecto a las emisiones de las fuentes móviles, a pesar de representar sólo el 4% del total de la flota vehicular (134 mil 825 unidades). La mayoría de las unidades son modelos anteriores a 1993 y no reciben un buen mantenimiento por lo que son altamente contaminantes.

Derivado de esta problemática surge el proyecto Retrofit, diseñado para realizarse dentro del marco de la iniciativa de Vehículos y Combustibles Limpios de la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable realizada en la Ciudad de Johannesburgo, Sudáfrica, en el año 2002 y forma parte de las acciones establecidas en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002 – 2010.

<sup>40</sup> Originalmente sólo las unidades pesadas y semipesadas podían obtener la exención al Hoy No Circula si usaban gas. Dada las condiciones de los nuevos vehículos a gasolina, esta condición ha cambiado y ahora todos los vehículos con baja tasa de contaminantes pueden obtener el holograma "0" sin importar el tipo de combustible utilizado.

El objetivo del proyecto fue demostrar la reducción de emisiones en autobuses a diesel en condiciones de operación y manejo de la Ciudad de México, usando diesel de ultra bajo contenido de azufre (15 ppm o menos), y dispositivos de control de contaminantes, especialmente filtros de partículas (DPF) y convertidores oxidativos (DOC).

En el desarrollo del proyecto participaron diversas instituciones internacionales y nacionales como son: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), EMBARQ del Instituto de Recursos Mundiales (WRI), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA), Petróleos Mexicanos (PEMEX) y sus divisiones Refinación y PMI Comercio Internacional, Centro de Transporte Sustentable de la Ciudad de México (CTS), Red de Transporte de Pasajeros del Gobierno del Distrito Federal (RTP).

El proyecto fue financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (US Agency for International Development, USAID) y el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute, WRI), a través del Centro de Transporte Sustentable EMBARQ, por un monto total de 526 mil dólares americanos.

Los autobuses de prueba fueron proporcionados por la RTP. Se eligieron 8 autobuses modelo 1991 de inyección mecánica marca Mercedes-Benz Prototipo, 8 autobuses modelo 2001 de inyección electrónica marca Internacional-Ayco y 4 modelo 2002 marca Mercedes-Benz Torino, cuyas características se muestran en la Tabla 9.6.1. Las unidades que fueron elegidas mostraron buenas condiciones mecánicas y operativas.

**Tabla 9.6.1 Características de los autobuses de prueba**

|                     | <b>“International”<br/>(Ayco)</b>             | <b>“Torino”<br/>Mercedes Benz</b>         | <b>“Prototipo”<br/>Mercedes Benz</b> |
|---------------------|---|---|--------------------------------------|
| Motor               | International DT-466 E<br>Electrónico (7.6 L) | Mercedes OM-906 LA<br>Electrónico (6.4 L) | Mercedes OM-366 LA<br>Mecánico       |
| Modelo              | 2001 (EPA 2001)                               | 2002 (EPA 2001)                           | 1991                                 |
| Tipo                | Diesel 4 tiempos                              | Diesel 4 tiempos                          | Diesel 4 tiempos                     |
| Cilindros           | 6 en línea                                    | 6 en línea                                | 6 en línea                           |
| Potencia Máxima     | 195 HP @ 2,300 rpm                            | 230 HP @ 2,300 rpm                        | 210 HP @ 2,600 rpm                   |
| Rendimiento         | 1.6 –1.8 km/L                                 | 1.6 –1.8 km/L                             | 2.23 km/L                            |
| Largo               | 11,000 mm                                     | 11,000 mm                                 | 11,230 mm                            |
| Capacidad           | 85 pasajeros                                  | 88 pasajeros                              | 60 pasajeros                         |
| Tecnología Retrofit | Filtro de Partículas                          | Filtro de Partículas                      | Catalizador oxidativo                |
| Combustible         | ULSD  | ULSD                                      | ULSD                                 |

Se instalaron filtros de partículas en 12 autobuses y convertidores oxidativos en los 8 autobuses restantes. Sus características se muestran en la Tabla 9.6.2.

**Tabla 9.6.2 Características del filtro de partículas y convertidor oxidativo**

| Tecnología                              | Modelo del Motor /Aplicación  | Azufre máximo (ppm) | Reducciones (%) |    |     |    | Garantía   |
|---|---|---------------------|-----------------|----|-----|----|--|
|   |   |                     | PM              | CO | NOx | HC |  |
| Filtros de partículas (tecnología CRT)  | Vehículos de 2 y 4 tiempos, 1994 – 2002, turbocargados o naturalmente aspirados | 30                  | 60              | 60 | n/a | 60 | 3 años o 150,000 millas o 5,400 horas (mecánica y emisiones) |
| Convertidor oxidativo para diesel (DOC) | Vehículos ligeros y pesados, no EGR, turbocargados o naturalmente aspirados     | ≤500                | 20              | 40 | n/a | 50 | 3 años o 150,000 millas o 5,400 horas (mecánica y emisiones) |

Para verificar la adecuada operación de los DPF se colocaron monitores denominados CRTdm, los cuales almacenaron información segundo a segundo de la presión y temperatura de los gases de escape de los autobuses.

Estos monitores contaron con alarmas de fallas visuales y auditivas. En caso de alcanzar una sobrepresión de 7 inHg se encendería una alarma amarilla en el monitor, pero si la sobrepresión alcanzaba un límite de 9 inHg o una temperatura mayor de 700°C, el monitor encendería una lámpara de color rojo y una alarma auditiva. Una lámpara amarilla también destellaría en caso de una falla del monitor. Todos los eventos de falla y la fecha de referencia fueron almacenados en la memoria del monitor, de acuerdo con los fabricantes del equipo.

Para la adquisición del diesel de ultrabajo contenido de azufre (ULSD), PEMEX, con el apoyo de sus filiales PEMEX Refinación y PMI Comercio Internacional, definió las especificaciones técnicas y estableció el procedimiento para la importación del combustible desde la Refinería de Valero ubicada en Three Rivers, Texas, Estados Unidos. Las instalaciones del Módulo 23 de la RTP fueron acondicionadas para almacenar y distribuir este combustible. La calidad del ULSD fue monitoreada periódicamente.

La medición de emisiones de escape de los autobuses del Proyecto Retrofit se realizó con el laboratorio portátil RAVEM (*Ride-along Vehicle Emissions Measurement*), adquirido por el Gobierno del Distrito Federal para evaluar tecnologías de autobuses. El RAVEM permitió medir segundo a segundo las emisiones de escape generadas por los vehículos en condiciones reales de operación y manejo de la Ciudad de México, durante 3 fases de medición (Tabla 9.6.3).

Para simular la carga real de los vehículos, éstos se lastraron al 70% de su capacidad (3.5 toneladas). Se midió la concentración de hidrocarburos (HC), monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM) y se expresó en gramos por kilómetro (g/km).

También se determinó la eficiencia de retención de partículas ultrafinas (diámetro entre 20 y 300 nanómetros) que son de fracción sólida y no volátil, ya que se ha demostrado que son las más dañinas al organismo porque pueden penetrar incluso las paredes celulares.

**Tabla 9.6.3 Fases de medición de emisiones en condiciones reales de operación**

|              | Medición                    | Observaciones   | Periodo                     |
|--------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Primera Fase | Determinación de línea base | Medición de emisiones previo a la instalación de DOC o DPF + diesel convencional (350 ppm S).               | Octubre – noviembre de 2004 |
| Segunda Fase | Estabilización              | Medición de emisiones con DOC o DPF instalados + ULSD (<15 ppm S) a los 4 mil km de operación.              | Enero de 2005               |
| Tercera Fase | Desempeño                   | Medición de emisiones con DOC o DPF instalados + ULSD (<15 ppm S) a aproximadamente 55 mil km de operación. | Octubre de 2005             |
| Cuarta Fase  | Repetición Línea Base       | Medición sin DOC o DPF + diesel convencional (350 ppm S)  | Noviembre de 2005           |

Las dos rutas definidas para la evaluación ambiental de los DOC's y los DPF's fueron denominadas Insurgentes Norte y Módulo 23 (la distancia recorrida fue de 21.4 km y 2.6 km respectivamente). La primera y segunda fases de medición siguieron estas rutas de manejo; sin embargo, para la tercera fase, la ruta Insurgentes Norte fue sustituida por la ruta Eje 5 Norte Montevideo (distancia recorrida de 18.9 km), debido a la entrada en operación del corredor Metrobús Insurgentes en junio de 2005.

Para asegurar el éxito del proyecto, el CTS con apoyo de Fleetguard Nelson de México capacitó a 20 mecánicos y 40 operadores del Módulo 23 de RTP. El curso fue teórico – práctico y abarcó temas como: principios básicos de funcionamiento de la tecnología Retrofit, identificación de fallas por saturación de los equipos o por aumentos de temperatura, identificación de las combinaciones posibles de las señales visuales de los monitores de alarma (DPF's), criterios para toma de decisiones, en el caso de activarse una señal de alerta o alarma. Además de la instalación y mantenimiento de los DOC y los DPF, y capacitación para mejorar sus hábitos de manejo.

En la Tabla 9.6.4 se muestra el promedio de 3 mediciones realizadas para cada autobús durante cada una de las etapas de medición. Los resultados muestran una reducción del 80 y 92% en la concentración de partículas (PM) emitidas por los autobuses a diesel, utilizando filtros de partículas (DPF's) y combustible de ultra bajo contenido de azufre (<15 ppm).

**Tabla 9.6.4 Emisiones promedio por tipo de autobús durante las fases I, II y III**

| Ruta de Manejo  | Emisiones - g/km |      |        |       |       |        |      |      |        |
|---|------------------|------|--------|-------|-------|--------|------|------|--------|
|   | PM               |      |        | NOx   |       |        | CO   |      |        |
| Fases   | I*               | II** | III*** | I*    | II**  | III*** | I*   | II** | III*** |
| <b>Autobuses Mercedes Benz Prototipo modelo 1991(DOC)</b> |                  |      |        |       |       |        |      |      |        |
| Módulo 23   | 2.74             | 2.39 | 1.52   | 20.13 | 17.31 | 19.12  | 38.6 | 22.1 | 22.0   |
| Insurgentes Norte   | 1.70             | 1.32 | ---    | 12.94 | 11.67 | ---    | 22.5 | 6.2  | ---    |
| Montevideo  | 1.68             | ---  | 1.19   | 14.86 | ---   | 13.10  | 31.7 | ---  | 7.3    |
| <b>Autobuses Internacional Ayco modelo 2001 (DPFs)</b>    |                  |      |        |       |       |        |      |      |        |
| Módulo 23   | 0.24             | 0.05 | 0.02   | 14.47 | 15.85 | 14.63  | 4.2  | 0    | 0      |
| Insurgentes Norte   | 0.27             | 0.02 | ---    | 10.99 | 10.43 | ---    | 4.7  | 0.1  | ---    |
| Montevideo  | 0.21             | ---  | 0.02   | 10.33 | ---   | 10.65  | 5.3  | ---  | 0      |

\* Primera Fase – Línea Bases (No Retrofit + Diesel 350-ppm S)

\*\* Segunda Fase – Estabilización (Retrofit + Diesel 15 ppm S)

\*\*\* Tercera Fase – Desempeño ambiental (Retrofit + Diesel 15 ppm S)



Comparado con los datos de la línea base, las emisiones promedio de CO de los autobuses equipados con DOC mostraron reducciones en dos de las tres rutas de manejo utilizadas, en tanto que en algunos de los autobuses equipados con DPF esta concentración se incrementó.

Esto puede deberse a un impacto menor sobre el consumo de combustible, según especificaciones del fabricante, a los diferentes estilos de manejo de los operadores que participaron en las pruebas o bien, por fugas a lo largo del sistema de escape.

Las emisiones de NOx variaron en proporción a las emisiones de CO, lo cual es un comportamiento típico en los motores a diesel. Sin embargo, las reducciones de este contaminante no fueron las esperadas para estos equipos y pudo deberse al cambio de combustible convencional por ULSD o bien, por variaciones en el método para medir este contaminante, el cual es por quimiluminiscencia.

Los resultados muestran que en unidades modelo 2001 con DPF's la reducción de partículas (PM) es de hasta un 90%. Además, el uso de estos equipos permite también reducir las partículas menores a 300 nanómetros conocidas como ultrafinas en un 99%; la prueba fue realizada a 4 autobuses, utilizando el equipo conocido como NanoMet-C, propiedad de Matter Engineering, siguiendo el procedimiento de medición establecido por la agencia sueca VERT, para verificar la eficiencia de retención de partículas en los DPF.

En el caso de los vehículos más antiguos (de inyección mecánica), la concentración de partículas emitidas se redujo hasta en un 44%, lo cual se asume es el resultado de la oxidación de la fracción orgánica soluble de las partículas.

El costo total de la retroadaptación y operación de 20 autobuses de pasajeros en la Ciudad de México fue de \$1'313,163 pesos (119,378 dólares americanos).

La etapa de preparación representó el 58.7% del costo total de la instrumentación del proyecto, en tanto que el 41.3% restante fue derivado del sobreprecio pagado por la importación del diesel ultrabajo azufre desde los Estados Unidos a la Ciudad de México para la operación de los autobuses durante aproximadamente un año. Es notable mencionar que el parámetro de control del litro de diesel de bajo azufre con respecto al litro de diesel PEMEX fue de 34 a 53% más costoso.

Del total de los costos de preparación, equivalente a \$704,888 (64,081 dólares), el 90% correspondió a la adquisición de los dispositivos de control de contaminantes (8 DOC's y 12 DPF's); el 8.6% fue causado por el acondicionamientos de la estación de suministro.

El 1.4% restante correspondió a costos de instalación como mano de obra y materiales para su colocación; la mano de obra representó menos del 1%, gracias a la capacidad técnica adquirida por los mecánicos de RTP.

En conclusión los filtros de partículas demostraron ser una excelente opción para la reducción de partículas nocivas para la salud (99%) y este proyecto fortaleció la decisión de concluir la renovación del 100% de la flota de RTP, al retirar del servicio a las unidades que no cumplían con las certificaciones EPA98 o EURO III.

## 9.7 Equipamiento de medición de emisiones vehiculares

**Sensor remoto.** El equipo denominado sensor remoto permite la medición de los hidrocarburos, el monóxido de carbono, el bióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y la opacidad de las emisiones que liberan los vehículos ligeros por el escape, lo cual se logra hacer a distancia, sin que se detengan los vehículos y sin causarle molestias a los conductores de los mismos.

El sistema se compone de un módulo emisor de luz infrarrojo y ultravioleta, un módulo receptor de luz, una cámara digital para la toma de la placa trasera de los vehículos, dos barras para medir la velocidad y la aceleración, así como una computadora personal para grabar la información colectada para cada vehículo evaluado. Todo ello está incorporado a una camioneta para su transportación y operación.

El procedimiento para monitorear las emisiones vehiculares consiste en colocar, a la altura de los tubos de escape de las unidades ligeras, los módulos de emisión y recepción del haz de luz en los extremos del carril en que se realizará la medición, de forma tal que los vehículos al pasar crucen dicho haz de luz. Al momento que la luz infrarroja y ultravioleta cruzan por el gas que está saliendo del tubo de escape del vehículo, se cuantifica la concentración de los distintos contaminantes contenidos en dicho gas, así como su opacidad.

Con el objeto de validar la prueba realizada para cada unidad evaluada, se colocan las barras de medición de aceleración y velocidad de forma tal que se registren dichos datos para eliminar los datos de las pruebas en donde se presenten desaceleraciones o velocidades fuera del rango aceptable. Asimismo y con el objeto de identificar a cada uno de los vehículos evaluados, se toma una fotografía de la parte trasera de las unidades, con lo cual se registran las matrículas, para posteriormente obtener datos de marca, submarca, y modelo de dichos vehículos.

Cabe mencionar que es fundamental la elección de las vialidades en donde se realizan los monitoreos de emisiones vehiculares, mismas que deben contar con las siguientes características:



- Representatividad: se refiere a vialidades en donde circulen vehículos de distintos años modelos de forma tal que se pueda obtener una muestra cuya distribución sea similar a la del parque vehicular de la ciudad en donde se realiza el monitoreo. Cabe señalar que es posible monitorear en varias vialidades de forma tal que se logre obtener la distribución representativa buscada.
- Tráfico: se recomienda la elección de vialidades en donde circulen entre 200 a 3,600 vehículos por hora, con una velocidad promedio de 30 kilómetros por hora, prefiriendo aquellas en donde mayor número de vehículos circulen, ya que de esta forma se podrán obtener una muestra mayor en un menor tiempo.
- Carril: las vialidades en donde se monitoree debe tener flujo en una sola dirección y darle seguridad al equipo.

**Sistema Portátil de Medición de Emisiones Vehiculares RAVEM.** Uno de los componentes del proyecto “Introducción de políticas y medidas ambientalmente amigables al transporte”, es el relacionado con la evaluación de diferentes tecnologías de autobuses desde un punto de vista ambiental y de operación de vehículos del servicio de transporte de pasajeros que circulan en la Ciudad de México. Con este propósito, se adquirió el sistema portátil de medición de emisiones vehiculares RAVEM (Ride-Along Vehicle Emission Measurement), el cual permite determinar segundo a segundo las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, además de contaminantes urbanos como el CO, NO<sub>x</sub> y partículas suspendidas, del escape de vehículos automotores a gasolina, diesel y demás combustibles fósiles.

Dadas las características del equipo, permite la determinación de los contaminantes mientras las unidades de prueba se encuentran circulando de forma normal, es decir, que los resultados obtenidos son característicos de la operación real de los vehículos en las condiciones de altitud y temperatura de la Ciudad de México, generándose los resultados en masa de contaminantes por distancia recorrida.

El RAVEM utiliza los métodos de prueba descritos por las normas ISO y por la EPA y se ha utilizado en dos proyectos muy importantes:

1. Pruebas de tecnologías de autobuses (Componente 3), que consistió en una serie de pruebas comparativas para autobuses que utilizan diferentes combustibles: diesel convencional, diesel de bajo contenido de azufre, gas natural comprimido e híbrido (diesel - eléctrico), y los vehículos normales, para determinar la tecnología más adecuada para reducir las emisiones contaminantes de estos vehículos en la ciudad de México.

2. Proyecto RETROFIT Ciudad de México, cuya finalidad fue demostrar la reducción de emisiones en autobuses diesel en condiciones de operación y manejo de la Ciudad de México, usando diesel de ultra bajo contenido de azufre (15 ppm o menos), filtros de partículas (DPF) y convertidores oxidativos (DOC).

Actualmente se tiene el equipo en la Universidad de Virginia del Oeste, para llevar a cabo pruebas de correlación con las mediciones de emisiones generadas en laboratorios de emisiones que cuentan con un dinamómetro de chasis.

En lo futuro el equipo podría utilizarse para evaluar la eficiencia de sistemas que reduzcan las tasas de emisión de óxidos de nitrógeno o partículas, mismos que podrían impulsarse para usarse en unidades autorreguladas.

**Sistema IM 240.** En el Año 1997 el gobierno de la Ciudad de México, adquirió un laboratorio de emisiones capaz de ejecutar protocolos de prueba a vehículos automotores bajo el protocolo denominado "IM 240". Esta prueba es utilizada en los programas de inspección y mantenimiento de algunos estados de la Unión Americana, se caracteriza por utilizar un ciclo de manejo transitorio con una duración de cuatro minutos, para lo cual se cuenta con un dinamómetro que aplica carga de camino y carga inercial.

Durante la realización de la prueba de emisiones, todo el caudal de gases de escape del motor es diluido con aire ambiente que proviene de una turbina. La muestra diluida es introducida por un venturi para determinar la fracción másica de cada uno de los gases de escape muestreados.

Las técnicas de análisis de los gases de escape son: infrarrojo no dispersivo para la lectura de monóxido de carbono y bióxido de carbono, quimiluminiscencia para la medición de los óxidos de nitrógeno, e ionización de flama para los hidrocarburos totales. Con lo cual el instrumento incrementa de manera considerable su precisión con relación a la precisión de los instrumentos convencionales de verificación vehicular.

Este equipo dejó de funcionar desde 1998 debido a problemas de soporte y de asignación de recursos para mantenimiento y operación. Sin embargo, a partir de abril del 2002, bajo el amparo de un convenio de colaboración entre el GDF, el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares y La Fundación México - Estados Unidos Para la Ciencia (FUMEC), se iniciaron los trabajos de restauración del equipo antes mencionado, concluyendo los mismos en septiembre del mismo año.

Como parte de la restauración, fue sustituido el equipo de cómputo que utiliza el analizador de gases, el cual se encarga de llevar a cabo la prueba de emisiones y de reportar los valores



obtenidos del vehículo, incorporándose adicionalmente a una base de datos con los registros de los resultados de los vehículos evaluados.

Posterior a su rehabilitación, el equipo fue utilizado para evaluar una muestra vehicular de 250 vehículos con el fin de obtener los factores de emisión de gases en algunos estratos vehiculares, información que fue utilizada para estimar el inventario de emisiones.

Existen diversos trabajos encaminados a buscar correlaciones entre protocolos de prueba IM 240 y pruebas de aceleración simulada (ASM), con este fin, en las instalaciones del laboratorio IM 240 se instaló una línea de verificación que funciona con el protocolo ASM. Desafortunadamente, la empresa que daba mantenimiento a la línea actualmente ya no existe, por lo que no existe empresa que pueda darle mantenimiento.

Adicionalmente se cuenta con un opacímetro Marca AVL, el cual ha servido a la SMA para emitir opiniones en torno a la elaboración de normas y programas metropolitanos en los cuales se ha solicitado la generación de algún dictamen de carácter ambiental.

## **X. TRANSPORTE SUSTENTABLE**

### **10.1 Estrategia de transporte y medio ambiente**

En el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 y en el Programa Integral de Transporte y Vialidad del Distrito Federal 2001-2006 (PITV), se establecen las medidas orientadas a garantizar la movilidad de las personas y los bienes mediante el ordenamiento de la circulación de los vehículos privados y públicos; entre ellas destacan la construcción de corredores de transporte, la renovación del transporte de pasajeros y el desarrollo de vialidades que permitan aumentar las velocidades crucero, como medidas útiles para disminuir los índices de contaminación provenientes del sector transporte.

La Secretaría del Medio Ambiente tiene el compromiso de impulsar una política ambiental integral que promueva tecnologías de alto rendimiento energético y el empleo de combustibles limpios en los vehículos. Para lograr lo anterior, se coordinó con diferentes instancias gubernamentales, institutos de investigación, instituciones académicas, representantes sociales y grupos de los sectores productivos interesados en el análisis de la problemática existente con el objeto de establecer las características tecnológicas y ambientales de un sistema de transporte de pasajeros ambientalmente sustentable.

La Secretaría del Medio Ambiente coordinó el Programa de Corredores Estratégicos de la Ciudad de México, el cual contó con el apoyo del Banco Mundial a través del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y en octubre del 2002 aprobó una donación para apoyar la realización de estudios para el proyecto “Introducción de Medidas Ambientalmente Amigables en Transporte”. Paralelamente, el Gobierno Japonés a través del Programa para el Desarrollo de Recursos Humanos (PHRD por sus siglas en inglés), realizó una donación al Gobierno del Distrito Federal (GDF) para la realización de la segunda fase del proyecto “Calidad del Aire y Transporte para la Zona Metropolitana del Valle de México”.

Los recursos autorizados fueron utilizados para llevar a cabo el diseño de corredores de transporte así como para la realización de pruebas tecnológicas a los autobuses, que permitan una selección adecuada de los mismos.

### **10.2 Pruebas de tecnología de autobuses y combustibles**

En el marco de la implantación de un sistema de corredores estratégicos en la Ciudad de México se trabajó simultáneamente en 6 componentes, a saber:

- ✓ Imagen y comunicación
- ✓ Operación e infraestructura
- ✓ Pruebas de tecnología de autobuses



- ✓ Programa institucional
- ✓ Programa organizacional
- ✓ Programa social

En particular, la llamada Componente Tres “Pruebas de Tecnologías de Autobuses” consistió en una serie de pruebas comparativas para autobuses que utilizan combustibles alternativos y los vehículos a diesel modernos y normales, para evaluar las ventajas técnicas, económicas, ambientales y de preservación global del clima bajo la operación en condiciones de la ZMVM.

La realización de estas pruebas ha proporcionado valiosos elementos que permitirán identificar las tecnologías más viables para ser utilizadas en el Distrito Federal. La evaluación tiene un carácter ambiental y económico, definiéndose así cuál tecnología presenta las mayores ventajas ambientales y que, desde el punto de vista operativo y económico, puede ser introducida de manera realista en la Ciudad de México.

Para la ejecución de las pruebas el Sistema de Transportes Eléctricos (STE), con apoyo del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT por sus siglas en inglés), la Universidad de Virginia del Oeste, la Universidad de Toronto y el Instituto para Estudios de Transportación de la Universidad de Berkeley, diseñó el protocolo de pruebas y el tamaño de la muestra.

Las pruebas se vincularon con otros componentes al complementar actividades normativas e institucionales que posibilitarían el desarrollo de corredores con la evaluación de autobuses alternos que han de usarse en los mismos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sistema de transporte de pasajeros. Una parte de la prueba práctica que ésta componente incluyó fue un esquema indispensable para la evaluación de opciones alternas de vehículos. El proyecto financió el costo de los protocolos de prueba y monitoreo.

En el marco de las pruebas de tecnologías y combustibles, se realizaron pruebas de tres tipos: a) Operativas (aceleración en planicie, aceleración en pendiente, radio de giro, distancia de frenado, cantidad de recarga en los vehículos híbridos); b) Ambientales (emisión de contaminantes, ruido, opacidad); c) Costos operativos (consumo de combustible).

Los resultados de las pruebas operativas y la estimación de costos a partir del consumo de combustible, el costo de mantenimiento y otros parámetros, se llevaron a cabo en las instalaciones del STE y los resultados permitieron la apropiada realización de las pruebas ambientales.

## Pruebas ambientales realizadas con el sistema RAVEM

Los objetivos de la evaluación de los vehículos con el equipo portátil a bordo de medición de emisiones RAVEN fueron:

- ✓ Medir las emisiones de los vehículos de transporte de pasajeros, circulando en la Ciudad de México, existentes hasta antes de construir el corredor, en condiciones de operación y ruta normales. Estas emisiones sirvieron de línea base para la comparación de efectividad o beneficio de cualquier medida de control de emisiones vehiculares.
- ✓ Medir las emisiones de los mismos vehículos, simulando sus emisiones en un carril confinado (Sistema de Autobuses Rápidos o BRT por sus siglas en inglés).
- ✓ Medir las emisiones de vehículos de tecnologías avanzadas en las condiciones sin corredor en Insurgentes Norte.
- ✓ Medir las emisiones de vehículos de tecnologías avanzadas simulando la existencia del carril confinado mencionado.
- ✓ Finalmente, mantener bitácoras detalladas de la operación de los vehículos que fueron parte del proyecto. Estas bitácoras incluyeron consumo de combustible, horas-hombre de chóferes, mecánicos, partes, limpieza, etc., para determinar y comparar el costo-efectividad de cada una de las tecnologías evaluadas, incluyendo las tecnologías actualmente en uso.



**Figura 10.2.1 Equipo de medición de emisiones vehiculares a bordo**

En la prueba se evaluaron 21 vehículos entre microbuses (a gasolina, GLP y gas natural), autobuses articulados a diesel de Metrobús, vehículos de la Red de Transporte de Pasajeros (todos a diesel, algunos EPA 98 y otros sin sistemas de control de emisiones), vehículos de



tecnología avanzada que incluían gas natural comprimido, diesel (EPA-04 y Euro III) y vehículos híbridos (diesel-eléctrico).

Los contaminantes evaluados fueron: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM). También se midieron emisiones de carbonilos y compuestos orgánicos volátiles de los vehículos con motores de ciclo Otto (que utilizan gasolina como combustible) y de los vehículos con motores a diesel.

Las emisiones generadas por los autobuses fueron evaluadas en rutas de manejo definidas y aprobadas por los consultores técnicos del Banco Mundial a lo largo de la Av. Insurgentes Norte, en el tramo de la Glorieta de Insurgentes al paradero de Indios Verdes. La primera ruta simula las condiciones de línea base de ese trayecto, e incluye todas las paradas de autobús existentes, simulando los trayectos de microbuses y autobuses de pasajeros hasta antes de la construcción del corredor. La segunda ruta corre a lo largo del mismo tramo de Insurgentes, pero se corrió de noche, simulando así el corredor confinado que se construyó en dicha vialidad; de tal manera que se contó con paradas de autobuses que ya habían sido definidas en el proyecto de construcción del corredor confinado.

### **Pruebas ambientales con dinamómetro de chasis**

El objetivo de este estudio fue caracterizar las emisiones de un grupo de autobuses que usan control común y avanzado de motores así como tecnologías de postratamiento y combustible de bajo contenido de azufre en el Distrito Federal.

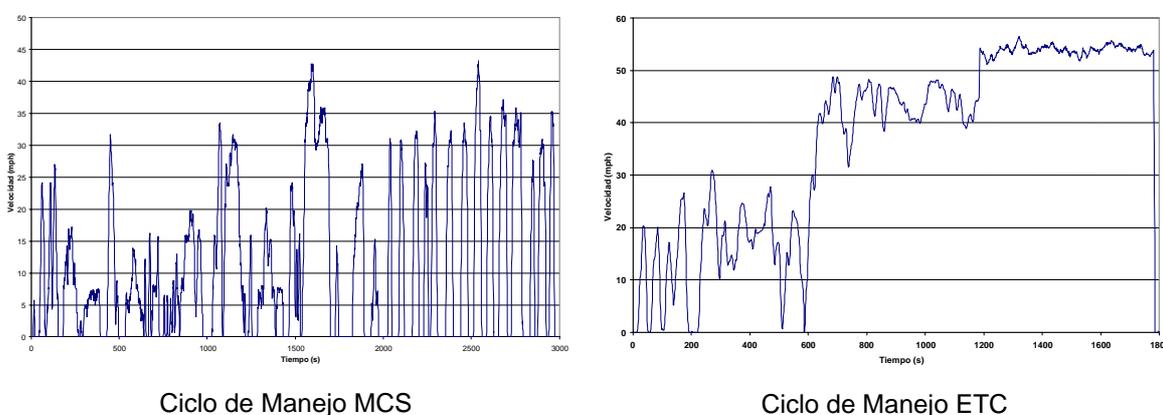
Se midieron las emisiones de nueve vehículos: seis con motor diesel, dos de gas natural y uno híbrido diesel-eléctrico. Las emisiones de los vehículos diesel se obtuvieron utilizando diesel estándar (350 ppm de azufre), diesel con un nivel de azufre medio (50 ppm) y diesel de ultrabajo azufre (15 ppm).

Las emisiones de los vehículos examinados fueron medidas utilizando el laboratorio transportable Heavy-Duty Vehicle Emissions Laboratory (TransLab) de la West Virginia University (WVU). Este laboratorio consta de un dinamómetro de chasis de carga pesada y funcionamiento completo con una capacidad de muestreo a volumen constante (CVS) que puede ser trasladado al campo de operación de los autobuses para llevar a cabo las pruebas de emisión de contaminantes.

Para realizar la medición de emisiones contaminantes fue necesario contar con un ciclo de manejo. En el caso de estas pruebas se desarrolló un ciclo representativo de la operación de los autobuses en la ZMVM (ciclo MCS) y también se aplicó un ciclo de referencia, el Ciclo Europeo Transitorio (ETC por sus siglas en inglés).



Figura 10.2.2 Autobús Allison en el dinamómetro de chasis



Ciclo de Manejo MCS

Ciclo de Manejo ETC

Gráfica 10.2.1 Ciclos de manejo MCS y ETC

### Resultados de las pruebas

De las pruebas realizadas en dinamómetro de chasis por la WVU, los vehículos a GNC produjeron menos emisiones de partículas (PM) que los autobuses a diesel. Sin embargo, cuando se compararon en términos de economía de combustible resultaron inferiores. Las emisiones de los autobuses a GNC dependen en gran medida de la estrategia de control del motor. En muchos casos esto implica una disyuntiva entre altos niveles de emisión de NO<sub>x</sub> o de CH<sub>4</sub> a la par que varía la proporción aire-combustible. Las emisiones de PM y NO<sub>x</sub> pueden variar enormemente entre motores similares debido a la sincronización de inyección y la tasa de llenado máxima. Es frecuente que si la emisión de PM es alta, la del CO será alta también, ya que las dos emisiones se generan en zonas de la cámara de combustión que son “demasiado ricas de combustible”.

Dada la gran influencia que tiene el peso del vehículo al determinar el rendimiento de combustible y las emisiones, los autobuses más ligeros con capacidades de pasajeros similares generalmente mostrarán un consumo de combustible y emisiones menores.

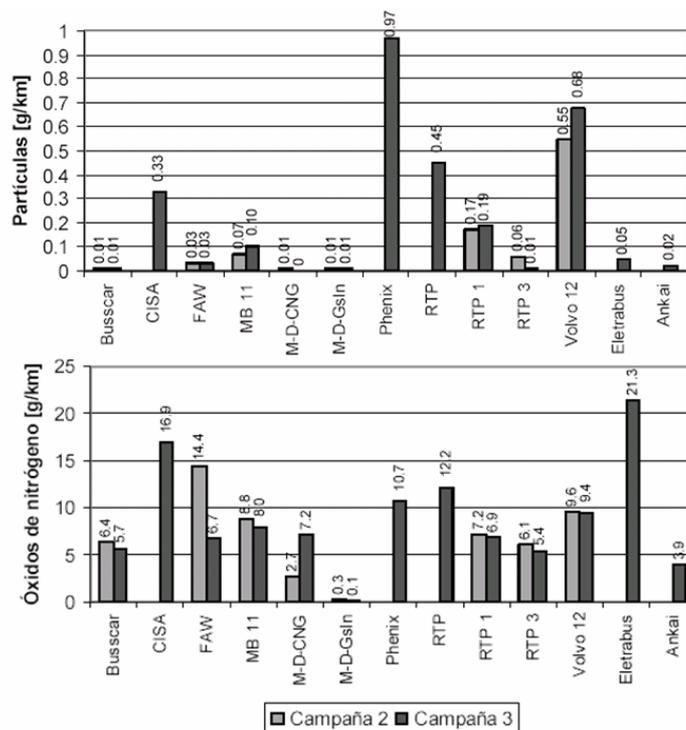
El diesel de ultrabajo azufre no redujo significativamente las emisiones de PM, ya que reduce el ácido sulfúrico (masa de sulfato en las PM), pero esto representa una pequeña fracción de la masa



total de las PM. El beneficio que se obtiene es permitir el uso de trampas de partículas para diesel en el sistema de escape del autobús, ya que estas trampas no funcionan bien a menos que se utilice diesel con bajo contenido de azufre. Los resultados mostraron un aumento en las emisiones de hidrocarburos al utilizar diesel con 15 ppm de azufre.

Al analizar las emisiones provenientes de los autobuses utilizando el sistema RAVEM, tanto de los prototipos como de los que normalmente circulaban por la Avenida de los Insurgentes, medidos bajo condiciones de manejo típicas, resultó que las emisiones de PM provenientes de los autobuses que utilizaron GNC como combustible y las de aquellos autobuses equipados con trampas de partículas para diesel, fueron muy bajas, mientras que aquellas provenientes de los autobuses que no contaban con dichas trampas tuvieron grandes variaciones.

Las emisiones de NO<sub>x</sub> de autobuses a diesel también mostraron variaciones, muchos de éstos aparentemente excedieron los estándares de emisión de NO<sub>x</sub> en circulación para los cuales fueron certificados en dinamómetros de chasis. En lo que respecta a los microbuses (de este tipo de vehículo se contó con unidades que utilizaron gasolina, GLP y GNC), las emisiones de NO<sub>x</sub> y PM fueron bajas en general, pero las emisiones de CO fueron mucho mayores a las de los vehículos que utilizan diesel o GNC.



**Gráfica 10.2.2 Emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno en el corredor de la Avenida Insurgentes**

Cuando se realizaron las pruebas de emisiones simulando la operación en el carril confinado, no se registró reducción en el consumo de combustible por kilómetro recorrido, comparando con la circulación en condiciones de tránsito normal.

De los resultados obtenidos en este estudio también se concluye que dada la limitación del tamaño de muestra de los vehículos probados así como el corto tiempo de duración de las pruebas de campo (un año aproximadamente), es difícil señalar tendencias en lo que se refiere a la curva de deterioro mostrado en los equipos de control de las emisiones (trampas de partículas), ya que sólo se empleó un autobús con trampa y un bus de iguales características sin el equipo para valorar las diferencias en el potencial de emisiones entre una unidad y otra. Por lo anterior, es recomendable que en un futuro estudio, se amplíe el periodo de pruebas de desempeño a un periodo mínimo de 500,000 kilómetros de recorrido con evaluación de emisiones semestral para definir con más precisión la curva de desempeño del equipo de control, contando durante todo el periodo con diesel de 50 y 15 ppm, y con ello detectar la tasa de deterioro de las trampas.

Es importante hacer énfasis en que los resultados obtenidos en este estudio no se pueden tomar como representativos de la flota vehicular actual, ya que fueron muy pocas las unidades evaluadas. Para dar como representativa la muestra de microbuses y autobuses, se requeriría la medición de al menos 10 unidades por cada tipo de combustible para microbuses y autobuses en circulación.

Actualmente se cuenta con los informes finales de los estudios realizados en este proyecto:

- ✓ Protocolo de pruebas.
- ✓ Ciclo de Manejo para Autobuses en la Ciudad de México.
- ✓ Reporte Final de las Pruebas Realizadas con Dinamómetro de Chasis.
- ✓ Reporte Final del Estudio de Correlación.

Los reportes antes mencionados se encuentran a la disposición del público en general en la página de la Secretaría del Medio Ambiente: <http://www.sma.df.gob.mx>.

## **10.3 Proyectos de transporte vinculados al medio ambiente**

### **Metrobús**

Mediante la sustitución del transporte que venía circulando tradicionalmente en Insurgentes (autobuses y microbuses) con la finalidad de ordenar la circulación de los modos de transporte que operaban en esta vialidad y disminuir el potencial emisor del parque vehicular usuario de la misma, se desarrolló el programa de corredores confinados para transporte de pasajeros, denominado Metrobús (Ver figura 10.3.1). El Metrobús, además de brindar un servicio de transporte rápido, cómodo y eficiente, contribuye a la mejora de la calidad del aire de la Ciudad de México.



**Figura 10.3.1 Corredor de transporte en la Avenida Insurgentes “Metrobús”**

El aumento en la capacidad de los autobuses permite que un número menor de unidades brinde el servicio de transporte al mismo número de pasajeros, lo cual reduce el número de motores en operación y, por lo tanto, el consumo de combustible. Así, los nuevos autobuses articulados miden 18 metros de longitud, con una capacidad de hasta 160 pasajeros. Esto permite que 102 de estos nuevos autobuses sustituyan a los 350 vehículos que proporcionaban el servicio de transporte de pasajeros en la Av. Insurgentes: 90 autobuses con capacidad de 70 pasajeros y 260 microbuses con capacidad de 45 pasajeros.

Con la finalidad de garantizar el buen desempeño de los autobuses que son empleados en el sistema de corredores con carriles confinados de la ciudad de México, se realizaron una serie de pruebas de desempeño operacional y ambiental. En este proyecto se evaluaron autobuses propulsados por Gas Natural Comprimido (GNC), Diesel de bajo azufre (15 ppm y 50 ppm), diesel normal (350 ppm), así como la tecnología de autobuses híbridos (diesel – eléctricos).

En cuanto a las diferentes tecnologías ofrecidas, en términos de motores una buena referencia es la certificación ambiental del motor, ya sea mediante estándares EPA o EURO. Sin embargo, estas certificaciones se realizan mediante la evaluación de los motores en un dinamómetro de banco, es decir, sin estar montado en un vehículo y siguiendo un ciclo de operación predefinido y diseñado de acuerdo a los requerimientos de la región (Estados Unidos o Unión Europea). Adicionalmente, tales certificaciones suelen realizarse a nivel del mar, lo cual reduce las emisiones contaminantes ya que hay más oxígeno en el aire que a una altura mayor. Debido a lo anterior, un motor probado bajo estas condiciones no necesariamente representa los niveles de emisión que podrían

esperarse una vez que el motor se encuentre montado en un autobús y este autobús opere en condiciones de manejo y a la altura de la Ciudad de México.

Esta medida colabora a reducir las emisiones contaminantes provenientes de vehículos de transporte público, debido a que las nuevas unidades:

- ✓ Poseen mayor capacidad de transporte de pasajeros,
- ✓ Son operadas de manera más eficiente,
- ✓ Están equipadas con tecnologías de motor más limpias.

El 30 de junio de 2005 se inició la etapa de chatarrización de microbuses de la Ruta 2 y hasta la fecha se han chatarrizado 145 unidades. Con esta medida se estima una disminución de 11,372 toneladas al año de contaminantes criterio, además de 35 mil toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>.

### **Renovación del transporte de pasajeros de baja capacidad (taxis)**

En el Distrito Federal se tienen registrados alrededor de 106 mil taxis que prestan este servicio, lo que da una relación de 82 habitantes por taxi.

El Gobierno de la Ciudad de México diseñó un programa que inició en el año 2002, para sustituir alrededor de 23,000 unidades, para lo cual se elaboró la estrategia y mecánica del programa. Esto consiste en que el Gobierno otorga la cantidad de 15 mil pesos al concesionario que esté interesado en la renovación de su vehículo, para lo cual debe entregar la unidad para que sea chatarrizada. Además, el Gobierno sirve como aval para que los distribuidores de vehículos otorguen un crédito para adquirir la nueva unidad.

A la fecha se han entregado \$ 41 millones de pesos para la sustitución de 2,738 vehículos para el servicio individual de pasajeros. Además es importante mencionar que esta medida ha inducido la renovación voluntaria entre los propietarios de vehículos de este sector por lo que en la actualidad, alrededor de 47,000 unidades han sido renovadas, dejándose de emitir casi 70 mil toneladas de contaminantes anualmente.

### **Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad**

Actualmente en la Ciudad de México se tiene registrados alrededor de 23 mil microbuses con una edad promedio de más de doce años, por lo que el Gobierno del Distrito Federal instrumentó un programa de sustitución para garantizar que los vehículos de este tipo que prestan el servicio de transporte urbano, reúnan las características básicas de calidad, comodidad, seguridad y bajas emisiones de contaminantes.



Para la realización del mismo, el gobierno de la ciudad otorga a cada permisionario que tenga la intención de renovar su unidad, la cantidad de 100 mil pesos y sirve como aval para que adquiera un autobús nuevo de mediana capacidad. Las unidades viejas deben ser entregadas a las autoridades gubernamentales para chatarrizarse. A la fecha se han renovado alrededor de 4 mil unidades, con lo que se han dejado de emitir casi 20 mil toneladas de contaminantes anualmente.

### **Renovación de autobuses de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP)**

En la presente administración se realizó el esfuerzo económico para renovar la flota vehicular de la RTP (1,279 autobuses) de tal forma que en la actualidad casi el 100 % de las unidades de esta empresa son unidades año modelo 2000 o más recientes, que cuentan con tecnologías EPA98 que incorporan tecnología de control de emisiones. Con esta renovación de la flota se han dejado de emitir cerca de 1,898 ton/año. Así mismo, la RTP efectuó una repotenciación a 37 autobuses que eran de aspiración natural, instalándoles motores electrónicos EPA98.

### **Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM**

En el año 2003 se llevó a cabo el estudio denominado “Sistema de Información de Condiciones de Tránsito para la Estimación de las Emisiones Contaminantes por Fuentes Móviles en la ZMVM”, que consistió en el análisis del aforo vial, movimientos direccionales, condiciones físicas, análisis semafórico y niveles de servicio de 330 intersecciones, 30 estaciones maestras y 50 corredores estratégicos ubicados en las 16 delegaciones del Distrito Federal y 28 municipios conurbados del Estado de México.

Los productos finales incluyen la información relativa a los factores que inciden en la contaminación del aire por fuentes móviles, lo que permite generar una base de información para establecer programas de mejoramiento de la administración del tránsito mediante el aforo vehicular detectado en vías de circulación continua como el Periférico, Circuito Interior, Viaducto, Calzada de Tlalpan, entre otras. Los resultados de este estudio mostraron que existen 109 intersecciones eficientes de las 330 que se analizaron, 165 intersecciones conflictivas, un crecimiento anual del 19.8% del flujo vehicular y las demoras resultantes de los recorridos respecto a las condiciones críticas que presentan las vialidades.

### **Regulación del transporte de carga**

Para regular los horarios de circulación de los vehículos articulados del sector de transporte de carga, en 2004 se firmó un acuerdo donde participan los Organismos Empresariales, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal y el Gobierno del Distrito Federal (SMA, SETRAVI y SSP), para desarrollar un proyecto piloto durante seis meses. En este periodo 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.

Al finalizar el tiempo estipulado en el convenio, los Organismos Empresariales solicitaron una ampliación del proyecto, argumentando que era necesario contar con más tiempo para dar una mayor difusión al programa y con ello lograr una mayor colaboración de sus agremiados, ya que de acuerdo con los resultados para el mes de agosto de 2005, sólo mostraban una reducción del 12% de la entrada de trailers a la Ciudad de México en el horario establecido.

Se acordó dar una ampliación al programa por otros seis meses, comprometiéndose a dar mayor difusión del mismo entre sus agremiados para que realizaran los ajustes necesarios en su logística de distribución de mercancías y lograr por lo menos 50% en la disminución del número de trailers que entran a la Ciudad en el horario de 7:00 a 9:00 de la mañana. Para verificar y evaluar los resultados finales, se implementó un programa de aforos en el mes de octubre y otro en el mes de diciembre de ese año.

De acuerdo con los datos presentados en el informe de la evaluación final de esta segunda etapa del programa, de 511 trailers que entraban a la ciudad en el mes de octubre del 2005 en el horario establecido, para el mes de diciembre del mismo año entraron 484 trailers, lo que significa una reducción del 4%, que sumada a el 12% obtenido en la primera etapa, muestra que sólo se alcanzó una reducción en el total de entrada de estos vehículos del 16%.

Por otra parte, con recursos autorizados por el Fideicomiso Ambiental del Valle de México (FIDAM), el Instituto de Ingeniería de la UNAM realizó el estudio "Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México" para obtener, sistematizar y analizar la movilidad de la infraestructura, el equipamiento, la oferta y demanda del transporte de carga en la ZMVM. El estudio permite obtener, analizar y sistematizar el esquema de movilidad, operación, infraestructura, oferta y demanda del transporte de carga en el Valle de México. El estudio comprende 34 municipios del Estado de México y las 16 delegaciones del Distrito Federal.

### **Proyecto de impulso al transporte en bicicleta**

La Ciclovía es una vialidad limitada y señalizada especialmente construida para la población que se desplaza en medios no motorizados y no contaminantes, ya sea en viajes de placer o utilitarios, para acudir al trabajo, la escuela o ir de compras, de manera segura y agradable. La Ciclovía es la primera de una serie de proyectos que están diseñados para recuperar el espacio comunitario, ya que favorece la interconexión con distintos medios de transporte, así como la integración paisajística, económica y social de la ciudad a lo largo de sus 75 kilómetros. Está integrada por un eje troncal, que va de Av. Ejército Nacional al límite con el estado de Morelos sobre la ruta de la



antigua vía del ferrocarril a Cuernavaca, los circuitos en la primera y segunda secciones de Chapultepec, así como un tramo sobre avenida Chapultepec hasta el Zócalo.



**Figura 10.3.2 Carriles exclusivos para transporte en bicicleta**

### **Vialidad**

Otro de los objetivos trazados en el Proaire y el PITV es el dotar de mejor infraestructura vial al Distrito Federal, para lograr con esto aumentar las velocidades promedio y el nivel de servicio de la misma. A partir de esta necesidad se iniciaron diferentes acciones para lograr este fin, entre las acciones mas importantes se construyó el segundo piso de Periférico, los distribuidores viales Heberto Castillo, San Antonio y Zaragoza y los puentes de Tarango entre otras importantes vialidades.

## **XI. INTEGRACIÓN DE POLÍTICAS METROPOLITANAS**

### **11.1 Coordinación intergubernamental**

Partiendo de la premisa que establece el artículo 124 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en principio el Distrito Federal sólo puede legislar sobre aquellas materias que no han sido expresamente conferidas por la Carta Magna a la Federación. La fracción XXIX-G del artículo 73 constitucional reconoce que en materia ambiental los gobiernos locales tienen atribuciones; en la realidad, la mayoría de las atribuciones para atender asuntos ambientales son de competencia federal. Además de lo anterior el Distrito Federal comparte con el Estado de México una misma área geográfica que hace más compleja la coordinación entre los niveles de gobierno que convergen en la ZMVM, para la aplicación de acciones conjuntas para mejorar la calidad del aire.

La Constitución, en el artículo 115 fracción VI, dispone que cuando dos o más centros urbanos situados en territorios municipales de dos o más Entidades Federativas formen o tiendan a formar una continuidad demográfica, la Federación, las Entidades Federativas y los Municipios respectivos, en el ámbito de sus competencias, planearán y regularán de manera conjunta y coordinada el desarrollo de dichos centros con apego a la Ley Federal de la materia.

El 22 de agosto de 1996 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se reformó, entre otros, el artículo 122 Constitucional, en cuyo apartado G se estableció que para la eficaz coordinación de las distintas jurisdicciones locales y municipales entre sí y de éstas con la Federación y el Distrito Federal, en la planeación y ejecución de acciones en las zonas conurbadas limítrofes con el Distrito Federal, de acuerdo con el artículo 115 fracción VI, de la Constitución, en materias de asentamientos humanos; protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico; transporte, entre otros, sus respectivos gobiernos podrán suscribir convenios para la creación de comisiones metropolitanas en las que concurran y participen con apego a sus leyes.

En el caso de la zona metropolitana integrada por el Distrito Federal y varios Municipios del Estado de México, existe la necesidad de atender y resolver en el corto, mediano y largo plazo, en forma armónica, conjunta y coordinada los problemas que representa la protección y restauración del medio ambiente y por ello es necesario crear sistemas y mecanismos que aseguren una coordinación permanente de acciones de las respectivas jurisdicciones que convergen en la ZMVM.



Desde los años setenta cuando se empezaron a tener en la ZMVM los primeros registros de los altos niveles de contaminación atmosférica, las autoridades de las dos entidades federativas junto con el Gobierno Federal acordaron aplicar medidas y acciones en forma coordinada para mejorar la calidad del aire de la región.

Es relevante mencionar que a nivel de los gobiernos centrales, las autoridades del Distrito Federal, del Estado de México y el Gobierno Federal se han coordinado a través de la Comisión Ambiental Metropolitana para aplicar medidas en forma conjunta que permitan mejorar la calidad del aire. Esto se ha logrado en gran medida, sin embargo existen diferencias en el grado de avance debido, entre otras cosas, a que hay diferencias importantes en las bases legales, en la disponibilidad de recursos y en la capacidad institucional de ambas entidades.

## 11.2 La Comisión Ambiental Metropolitana

La Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), fue creada el 13 de septiembre de 1996 y sustituyó a la entonces Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en la Zona Metropolitana del Valle de México. El convenio de coordinación por el que se crea la Comisión Ambiental Metropolitana fue firmado por 17 organismos federales, el ahora Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno del Estado de México. El Convenio fue publicado el 17 de septiembre de 1996 en el Diario Oficial de la Federación.

La Comisión Ambiental Metropolitana tiene entre las más importantes las siguientes funciones en materia de aire:

- ✓ Definir, coordinar y dar seguimiento, en forma concurrente, a las políticas, programas, proyectos y acciones en curso para la protección del ambiente.
- ✓ Establecer los criterios y lineamientos para la integración de los programas, proyectos y acciones especiales para prevenir y controlar la contaminación ambiental.
- ✓ Establecer los mecanismos que garanticen la coordinación de acciones en materia de protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico.
- ✓ Proponer acciones y medidas para prevenir y controlar contingencias ambientales y emergencias ecológicas en la zona conurbada.
- ✓ Acordar la realización de programas de investigación y desarrollo tecnológico, así como de educación y capacitación en materia ambiental.
- ✓ Proponer reformas y adiciones a la normatividad en materia de protección al ambiente, preservación y restauración del equilibrio ecológico en la zona conurbada.

La Comisión esta integrada por:

A) Miembros de carácter permanente que son: El Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales; el Jefe de Gobierno del Distrito Federal y el Gobernador del Estado de México.

B) Miembros de carácter eventual que son: El Secretario de Gobernación, el Secretario de Hacienda y Crédito Público, el Secretario de Desarrollo Social, el Secretario de Energía, el Secretario de Economía, el Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, el Secretario de Comunicaciones y Transportes, el Secretario de la Función Pública, el Secretario de Educación Pública, el Secretario de Salud, el Director General de Petróleos Mexicanos, el Director General de PEMEX–Refinación, el Director General de PEMEX-Gas y Petroquímica Básica, el Director General de la Comisión Federal de Electricidad, el Director General de Luz y Fuerza del Centro y el Director General del Instituto Mexicano del Petróleo.

El 18 de agosto del 2006, las autoridades ambientales del Distrito Federal, del Estado de México y la SEMARNAT firmaron un acuerdo de intención para promover las modificaciones del convenio de creación de la CAM publicado el 17 de septiembre de 1996, donde se prevé establecer una presidencia conjunta y permanente entre las secretarías del Medio Ambiente de los Gobiernos del Estado de México y el Distrito Federal y en caso de asuntos de competencia federal participará la SEMARNAT. Además, se constituirá un Secretariado Técnico integrado por un representante designado por los titulares de las Secretarías antes mencionadas e incluirá a las dependencias de coordinación metropolitana de los gobiernos locales como miembros de la CAM, los cuales operarán como Secretariado Ejecutivo.

La CAM ha tenido la función de coordinar en un alto grado los programas concretos de reducción de emisiones que involucran simultáneamente al Distrito Federal y a los Municipios conurbados del Estado de México. Entre ellos se tiene el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio, el Programa de Sustitución de Convertidores Catalíticos, el Programa Hoy No Circula, el Programa de Autorregulación de Vehículos a Diesel, todos ellos descritos previamente, y el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas. Este último fue actualizado muy recientemente y se presenta a continuación.

### **11.3 El Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas**

Una Contingencia Ambiental o Emergencia Ecológica es la situación eventual y transitoria declarada por las autoridades ambientales competentes cuando se presenta o se prevé con base en análisis objetivos o en el monitoreo de la contaminación ambiental, una concentración de



contaminantes o un riesgo ecológico derivado de actividades humanas o fenómenos naturales que afectan la salud de la población o al ambiente de acuerdo con las normas oficiales mexicanas.

El antecedente del programa actual de Contingencias Ambientales Atmosféricas, se dio en el año de 1990 con la creación del Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) y su enfoque principal en el volumen, la calidad y los procesos de combustión de gasolinas, diesel y combustibles de uso industrial.

Este plan de contingencias fue diseñado en tres fases que iban desde 250 puntos IMECA hasta más de 451 puntos (Tabla 11.3.1).

**Tabla 11.3.1 Fases del plan de contingencias de 1990**

| Fases | Puntos IMECA de Ozono |
|-------|-----------------------|
| I     | 250 a 350             |
| II    | 351 a 450             |
| III   | 451 ó más             |

En 1992 se creó la Comisión Ambiental Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, que estableció el Plan de Contingencias Ambientales por Contaminación Atmosférica en la ZMVM. Este plan contaba con un listado de empresas comprometidas a participar reduciendo sus emisiones y para ello se logró la firma de 800 convenios de concertación con empresas privadas para reducir emisiones.

En el invierno de 1995 se dio a conocer el documento "Acciones Metropolitanas ante Contingencias Ambientales" que estableció dos fases de contingencias; la primera para activarse a partir de los 250 puntos IMECA de ozono y la segunda a partir de los 350 puntos IMECA, destacando como medida importante la reducción del 30 al 40% de la actividad industrial y la aplicación del Programa Doble Hoy No Circula durante la primera fase. En la fase II se declara asueto general para toda la población (INE, 2000).

El Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) actual inició el 30 de octubre de 1998, modificando los valores antes mencionados y adicionando el concepto de Precontingencia y la inclusión de contingencias originadas por  $PM_{10}$ . Para efecto de declarar precontingencias se consideran niveles entre 200 y 239 puntos IMECA si se trata de ozono, y entre 160 y 174 puntos IMECA para  $PM_{10}$ . La activación y desactivación de la contingencia ambiental por la combinación de  $O_3$  y  $PM_{10}$ , tendrá lugar en toda la ZMVM, cuando en cualquiera de las zonas que lo conforman se registren los valores contenidos en Tabla 11.3.2.

En 1999, la SMA del Gobierno del Distrito Federal, el Instituto Nacional de Ecología, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y la Secretaría de Ecología del Estado de México,

acordaron un nuevo Programa de Contingencias Ambientales, el cual fue publicado el 22 de diciembre de 1999, donde se decretaron reformas para la modificación y actualización del programa de 1998. Con esta actualización del programa se pretendió lograr una mejor relación costo/beneficio en el momento de su aplicación, ya que permite la entrada y salida de industrias de acuerdo con criterios previamente establecidos para la inclusión y exención de empresas al PCAA. Estos criterios toman como base las toneladas anuales de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), así como el tipo de combustible que utiliza cada industria.

Los valores que determinaron la declaratoria de activación y desactivación de las precontingencias y contingencias atmosféricas quedaron de la siguiente manera:

- a) La precontingencia ambiental se aplica exclusivamente en la zona o zonas en donde se registren los valores del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) que se establecen en la siguiente tabla:

**Tabla 11.3.2 Fase de precontingencia ambiental 1998-1999**

| PRECONTINGENCIA POR | INICIO (IMECA)          | SUSPENSIÓN (IMECA)    |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| Ozono               | Niveles entre 200 y 240 | Niveles menores a 180 |
| PM <sub>10</sub>    | Niveles entre 160 y 175 | Niveles menores a 150 |

Fuente: Gaceta Oficial del DF, 22 Dic.1999

- b) La activación y desactivación de la Fase I de contingencia ambiental por ozono, PM<sub>10</sub> y la combinación de ambos, tendrá lugar en toda la ZMVM, cuando en cualquiera de las zonas que la conforman se registren los valores contenidos en la siguiente tabla:

**Tabla 11.3.3 Activación y desactivación de la fase I de contingencia ambiental 1998-1999**

| CONTINGENCIA POR:        | ACTIVACIÓN (IMECA)  | DESACTIVACIÓN (IMECA)          |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| Ozono                    | Niveles mayores a 240   | Niveles menores a 180          |
| PM <sub>10</sub>         | Niveles mayores 175   | Niveles menores a 150          |
| Ozono y PM <sub>10</sub> | Cuando se alcanzan de manera simultanea niveles mayores a 225 de Ozono y niveles mayores a 125 puntos de PM <sub>10</sub> . | Niveles de ozono menores a 180 |

Fuente: Gaceta Oficial del DF, 22 Dic.1999

- c) La activación y desactivación de la Fase II, cuando los niveles de contaminación han rebasado los límites máximos permisibles de las normas de calidad del aire, que en algunos casos han logrado disparar la alerta ambiental:

**Tabla 11.3.4 Activación y desactivación de la fase II de contingencia ambiental 1998-1999**

| CONTINGENCIA POR: | ACTIVACIÓN (IMECA)    | DESACTIVACIÓN (IMECA) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ozono             | Niveles mayores a 300 | Niveles menores a 180 |
| PM <sub>10</sub>  | Niveles mayores a 250 | Niveles menores a 150 |

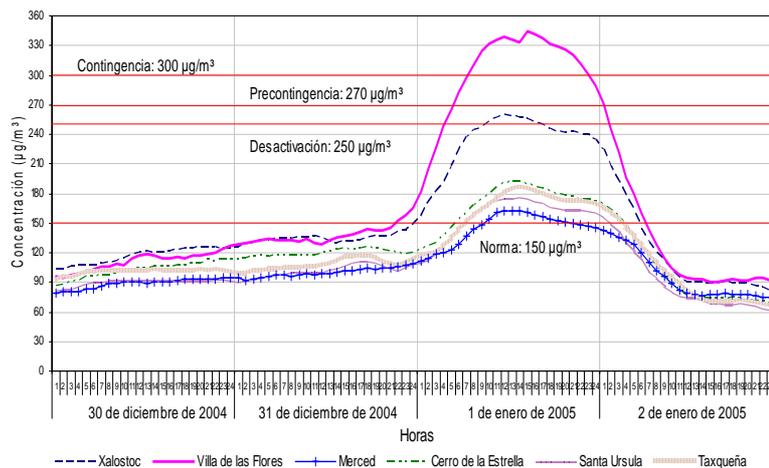


La Tabla 11.3.5 muestra las contingencias que se han decretado en el pasado, de 1988 al 2006. A partir del año 2000, sólo se han registrado tres contingencias por partículas  $PM_{10}$  y una por ozono, debido a las mejoras en la calidad del aire. Los registros de los últimos años señalan que durante las temporadas invernales, y en particular en las noches de celebración de Navidad y Año Nuevo, se llevan a cabo actividades que impactan sensiblemente a la calidad del aire, como es el encendido de fogatas, quema de llantas y fuegos artificiales, produciendo altas concentraciones de partículas suspendidas menores a 10 micrómetros que obligó a la activación de dos contingencias ambientales en los meses de diciembre del 2003 y enero de año 2005 alcanzando valores máximos de 196 y 197 puntos del IMECA, respectivamente.

**Tabla 11.3.5 Activación del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas en la ZMVM período 1988-2006**

| Año   | Ozono ( $O_3$ ) | Partículas ( $PM_{10}$ ) |
|-------|-----------------|--------------------------|
| 1988  | 2               | 0                        |
| 1989  | 0               | 0                        |
| 1990  | 0               | 0                        |
| 1991  | 3               | 0                        |
| 1992  | 8               | 0                        |
| 1993  | 12              | 0                        |
| 1994  | 1               | 0                        |
| 1995  | 5               | 0                        |
| 1996  | 3               | 0                        |
| 1997  | 3               | 0                        |
| 1998  | 4               | 1                        |
| 1999  | 3               | 0                        |
| 2000  | 0               | 1                        |
| 2001  | 0               | 0                        |
| 2002  | 1               | 0                        |
| 2003  | 0               | 1                        |
| 2004  | 0               | 0                        |
| 2005  | 0               | 1                        |
| 2006* | 0               | 0                        |

\* Hasta el mes de septiembre



Fuente: Programa de Protección al Medio Ambiente en la ZMVM, temporada invernal 2005 – 2006.

**Gráfica 11.3.1 Contingencia regional por partículas  $PM_{10}$  30 de diciembre del 2004 - 1 de enero del 2005**

A pesar de que las tendencias de PM<sub>10</sub> en la ZMVM han ido a la baja en los últimos 9 años, se presentan concentraciones extraordinarias de esas partículas debido a la influencia del periodo invernal, aunado a la presencia de actividades industriales elevadas por la demanda del fin de año y actividades humanas debido a las celebraciones del mismo periodo. Por ello resultan niveles elevados que han ocasionado en los últimos años la declaratoria de contingencia ambiental regional en la ZMVM.

En el caso del ozono, el último registro de la aplicación del PCCA fue el 18 de septiembre del 2002 y aunque las concentraciones pico de ozono, cercanas a los 400 puntos IMECA que se observaban a principio de los años noventa han dejado de presentarse<sup>1,2</sup>, todavía se tiene un gran porcentaje de días en donde se rebasa su norma oficial mexicana.

Por lo anterior, las autoridades involucradas se propusieron disminuir el valor de activación de Contingencias por Ozono y realizar el ajuste de PM<sub>10</sub> de acuerdo a los nuevos parámetros que establece la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-1993), en la Zona Metropolitana del Valle de México.

El Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas se modificó a partir del 1º de Septiembre de 2006, de acuerdo con el decreto publicado el 30 de agosto en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del mismo año, en el cual se ajustan los valores IMECA; por lo tanto la instrumentación del PCAA se realizará de la siguiente forma:

a) La etapa de Precontingencia se instrumentará cuando las concentraciones de ozono o PM<sub>10</sub> alcancen los siguientes valores como IMECA:

**Tabla 11.3.6 Fase de precontingencia ambiental 2006**

| PRECONTINGENCIA POR: | INICIO (IMECA) | SUSPENSIÓN (IMECA) |
|----------------------|----------------|--------------------|
| Ozono                | Mayor de 170   | Menor a 160        |
| PM <sub>10</sub>     | Mayor de 160   | Menor de 150       |

Fuente: Gaceta Oficial del D.F., 30 Agosto de 2006.

b) La etapa de Contingencia Fase I se aplicará a partir de que las concentraciones de ozono y/o PM<sub>10</sub> alcancen los siguientes valores como IMECA:

<sup>1</sup> Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000, tercera impresión, DDF, SEMARNAP, GEM, SSA, agosto de 1997, página 48.

<sup>2</sup> Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2002, GDF-SMA, 2003.

**Tabla 11.3.7 Fase I contingencia ambiental 2006**

| <b>CONTINGENCIA AMBIENTAL</b>           | <b>ACTIVACIÓN (IMECA)</b>                               | <b>SUSPENSIÓN (IMECA)</b>  |
|---|---|----------------------------|
| Ozono                                   | Mayor a 200   | Menor a 160                |
| PM <sub>10</sub>                        | Mayor a 175   | Menor de 150               |
| Ozono y PM <sub>10</sub><br>(Combinada) | Mayor a 180 de Ozono<br>Mayor a 125 de PM <sub>10</sub> | Nivel de Ozono Menor a 160 |

Fuente: Gaceta Oficial del D.F., 30 Agosto de 2006.

c) La etapa de Contingencia Fase II se instrumentará cuando las concentraciones de ozono o PM<sub>10</sub> alcancen los siguientes valores como IMECA:

**Tabla 11.3.8 Fase II contingencia ambiental 2006**

| <b>CONTINGENCIA AMBIENTAL</b> | <b>INICIO (IMECA)</b> | <b>SUSPENSIÓN (IMECA)</b> |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Ozono                         | Mayor a 250           | Menor a 160               |
| PM <sub>10</sub>              | Mayor a 250           | Menor de 150              |

Fuente: Gaceta Oficial del D.F., 30 Ago. 2006

Para que los vehículos puedan exentar el PCAA deberán acudir a un centro de verificación autorizado por la Secretaría del Medio Ambiente y obtener el holograma de verificación doble cero "00" ó cero "0", de acuerdo con lo establecido en el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio vigente.

Es importante mencionar que en caso de precontingencia por ozono, todos los vehículos automotores de servicio particular con placas de otras entidades federativas o del extranjero, que no porten el holograma de verificación vehicular "Doble Cero" o "Cero" emitido por los Gobiernos del Estado de México o del Distrito Federal, deberán de suspender su circulación; y quedarán exentos de esta obligación, los vehículos que porten el holograma "Doble Cero" o "Cero" vigente, emplacados en entidades federativas que hayan celebrado convenios específicos con las autoridades de los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal para el reconocimiento de dichos hologramas.

Para exentar el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA), las industrias manufactureras del Distrito Federal deberán solicitarlo ante la Secretaría del Medio Ambiente, anexando la documentación necesaria y someterse a una visita técnica de verificación para validar la información presentada. Una vez validada y analizada la información presentada se emitirá un dictamen resolutorio. Los criterios de emisión para exentar se definen en el PCAA vigente.

## **XII. INSTRUMENTOS DE GESTIÓN<sup>1</sup>**

En México se han desarrollado instrumentos de gestión que han logrado aplicar una regulación directa a las fuentes emisoras desde su ubicación, así como conocer los impactos causados por éstas a través de la transferencia de sus diversas emisiones. El establecimiento de niveles de emisión en los distintos giros industriales acorde a las leyes ambientales actuales dan cuenta de la protección al medio ambiente y la salud de las personas.

Para dar cumplimiento jurídico a lo anterior la Secretaría de Medio Ambiente (SMA) del Distrito Federal, ha aplicado instrumentos de gestión como es la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal (LAUDF).

### **12.1 Licencia ambiental única**

A lo largo del tiempo todos los procesos administrativos para cumplir con los trámites solicitados por cualquier autoridad requerían de excesos de formatos y burocratismo en la atención. La SMA no era la excepción, para cumplir los trámites de la normatividad ambiental se debía recurrir a diversas unidades administrativas y esto conducía a la duplicidad, además de lo antes expuesto. Para frenar esta situación, la SMA concentró todos los trámites relacionados con la normatividad de aire, agua, ruido y residuos sólidos no peligrosos en la Dirección de Regulación Ambiental.

Se simplificaron los trámites y formatos, y se analizó cada procedimiento. Este proceso llevó a reformar el formato de la Célula de Operación Anual o Inventario de Emisiones como base estructural para establecer la LAUDF, ya que por ser un procedimiento homologado con la Federación y el Estado de México, permite analizar el desempeño ambiental de la industria y generar información sobre emisiones y transferencia de contaminantes.

El 20 de 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. Para el 10 de febrero del 2004, con las reformas a la Ley Ambiental de Distrito Federal publicadas también en la Gaceta, este instrumento se convirtió en el trámite único, mediante el cual las fuentes fijas ubicadas en el D.F. dan cumplimiento a las obligaciones ambientales que les corresponde de acuerdo a su actividad y que están establecidas en la legislación vigente aplicable. El 4 de junio del mismo 2004 se publican nuevamente en la Gaceta nuevas reformas a la Ley Ambiental, en la que se dan a conocer los lineamientos para el ingreso de solicitudes, las respuestas oficiales y el proceso de revalidación de la licencia.

---

<sup>1</sup> Agradecemos la colaboración de la Biól. Ligia Butrón Madrigal.- Directora General de Regulación y Vigilancia Ambiental y del Ing. Ernesto Eduardo Trujillo Bolio.- Director de Regulación Ambiental.



Las características de la LAUDF son:

- ✓ Única por establecimiento industrial y mercantil.

Concentra:

- ✓ Cédula de Operación Anual
- ✓ Registro de fuente fija
- ✓ Registro de bitácora de operación
- ✓ Permiso de Descarga de Aguas Residuales
- ✓ Presentación de estudios trimestrales y anuales de emisiones a la atmósfera
- ✓ Autorización como generador de residuos sólidos
- ✓ Autorización del Plan de Manejo de residuos sólidos
- ✓ Registro de emisión y transferencia de contaminantes (RETC).

La revalidación y actualización de la información relacionada con las obligaciones ambientales de los establecimientos industriales, comerciales y de servicio del D.F., se realizan a través de la presentación de Anexos:

- A. Emisiones a la atmósfera
- B. Descarga de aguas residuales
- C. Generación y manejo de residuos sólidos
- D. Generación de ruido y vibraciones
- E. Registro de emisión y transferencia de contaminantes RETC.

La SMA da trámite a la solicitud y una vez obtenida la licencia, los establecimientos anualmente deben revalidarla y actualizar la información relacionada con sus obligaciones ambientales según lo que señale la misma licencia.

Con la instrumentación de la LAUDF se ofrece un gran potencial para mejorar la calidad de la información que se obtiene de los particulares y al mismo tiempo se consolida una base de datos sobre el desempeño ambiental en establecimientos comerciales y mercantiles del Distrito Federal.

Finalmente desde febrero de 2004, este instrumento es único en las legislaciones ambientales locales del país y concentra en uno solo a ocho trámites que se realizaban de manera independiente.

De esta manera, desde 2002, fecha en que entró en operación este instrumento, más de 2 mil 30 establecimientos de jurisdicción local están regulados integralmente en sus obligaciones ambientales.

## 12.2 Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es una base de datos nacional con información de sustancias contaminantes emitidas al ambiente (aire, agua, suelo y subsuelo) o que son transferidas en el agua residual y/o en los residuos peligrosos.

Este registro emana del artículo 109 bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) e integra información de las diferentes fuentes emisoras de competencia de los tres órdenes de gobierno. La información del RETC será actualizada anualmente y estará disponible al público a partir del segundo semestre del 2006.

México, a raíz del Tratado de Libre Comercio con Canadá y los Estados Unidos de América adquirió el compromiso de establecer el RETC. En 1994 nuestro país conformó parte del Grupo Nacional Coordinador (GNC) el cual lo integraban industriales, académicos e instituciones gubernamentales y no gubernamentales en cooperación con otras agencias de las Naciones Unidas y la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). El resultado de los trabajos de este Grupo fue una propuesta Nacional Ejecutiva en donde se estableció la visión, objetivos, alcances del RETC, información necesaria y una lista consolidada de 184 sustancias.

Al verificarse la viabilidad de la instrumentación del Registro, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F), un formato de seguimiento a la regulación industrial donde se incorporó una sección para la recopilación de información al RETC en 1997, este formato contenía un listado de 178 sustancias, para hacer posible la instrumentación del RETC en las entidades federativas y municipios fortaleciendo la obtención de información ambiental para el Registro, permitiendo vincular políticas y estrategias. El RETC a nivel nacional será integrado gradualmente conforme las entidades federativas y municipios avancen en la recopilación de su información ambiental.

Posteriormente para alcanzar un RETC obligatorio en México, se propuso una lista de 104 sustancias a través de una Norma Oficial Mexicana que solamente alcanzó a ser una Norma Mexicana Voluntaria publicada en abril del 2001. Durante siete años el RETC ha sido un instrumento voluntario y sólo se ha logrado obtener el reporte voluntario de 60 sustancias en un universo de 100 industrias a nivel nacional durante los últimos cuatro años.

Finalmente, en diciembre del 2001 se publicó una modificación al artículo 109 bis de la LGEEPA en donde se establece un RETC obligatorio, público y desagregado para nuestro país en los tres órdenes de gobierno; con lo anterior se inicia un nuevo periodo para la instrumentación del RETC en México.

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes para el Gobierno del Distrito Federal contiene la siguiente información: datos anuales de emisiones de contaminantes al aire, agua y



suelos y transferencias para su tratamiento y/o confinamiento, detallados por especie química particular (por ejemplo: benceno, metano, mercurio, entre otras, en vez de amplias categorías de contaminantes como: compuestos orgánicos volátiles, gases invernadero, metales pesados, etc.), y por tipo de establecimiento, sectores económicos y regiones. Así mismo, se indica la ubicación geográfica, datos generales y características operativas y de prevención y control de la contaminación de las fuentes de emisiones, y datos de fuentes de área o no puntuales, como operaciones agrícolas y de transporte.

Como se ha mencionado las bases legales fundamentales del RETC se tienen en el Artículo 109 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Reglamento de la LGEEPA en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Con el propósito de avanzar en el derecho a la información ambiental, así como en la prevención, protección y restauración del ambiente, durante la reforma del artículo 109 Bis de la LGEEPA el 31 de diciembre de 2001; el Gobierno de Distrito Federal a través de la SMA tuvo una alta participación. 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 el cual establece el RETC como obligatorio.

El Reglamento del RETC es publicado el 3 de junio de 2004, en él se definen y establecen las bases para la integración de la información de emisiones y transferencia de contaminantes. Además, define el marco de coordinación entre la Federación, el gobierno del Distrito Federal, los estados y los municipios, para incorporar al Registro la información de sus respectivas competencias y consolidar un RETC Nacional. También establece la administración y operación del Registro y define las reglas para la divulgación de la información ambiental de carácter público.

Asimismo, en el Reglamento se determina la publicación del nuevo formato de la Cédula de Operación Anual y el listado de sustancias a reportar.

## **12.3 Autorregulación ambiental**

Dentro de los instrumentos de gestión en la SMA, la política ambiental regula el establecimiento y funcionamiento de las actividades industriales, comerciales y de servicio en el Distrito Federal.

La autorregulación ambiental como instrumento busca garantizar que el desarrollo de las actividades productivas se realicen en el cumplimiento establecido por la normatividad ambiental, lo que conlleva a reducir de manera significativa los niveles de contaminación en las tres diferentes matrices ambientales (agua, aire y suelo), para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

En el Gobierno del D.F. a este respecto se trabaja con la industria grande, mediana y ha adaptado este instrumento para beneficiar a la pequeña y micro industrias, permitiendo que estos establecimientos cuenten con los reconocimientos y estímulos en materia ambiental que promueve la Secretaría del Medio Ambiente.

A través de convenios de concertación se busca incentivar a los industriales y empresarios a mejorar el desempeño ambiental de sus procesos productivos, teniendo como base la simplificación de los procedimientos técnicos-administrativos e incrementar en la sociedad la cultura ambiental.

Las herramientas que incentivan a los sectores empresariales, industriales, comerciales y de servicio a la adopción de esquemas de calidad total, se encuentran en las normas voluntarias ISO 9000 e ISO 14000, permitiéndoles realizar procesos productivos más eficientes y mantenerse en mejora continua, así como adoptar medidas de protección ambiental con reconocimiento internacional.

En la Ley Ambiental del Distrito Federal, el Capítulo VII trata lo referente a la Autorregulación y Auditorías, mencionando en su artículo 62 que la Secretaría fomentará programas de autorregulación y auditoría ambiental y promoverá la aplicación de incentivos fiscales, a quienes participen en dichos programas. El desarrollo de la auditoría ambiental es de carácter voluntario y no limita las facultades que esta Ley confiere a la autoridad en materia de inspección y vigilancia.

En el periodo 2001-2006, 16 industrias se autorregularon, 38 solicitaron entrar al programa de Auditoría Ambiental y se realizaron 3,545 visitas de inspección en materia de atmósfera.

A principios del año 2004, se impulsó un programa de regulación y reducción de las emisiones en 300 industrias de las más contaminantes, que consistió en una estrategia de la política ambiental en orientar a sumar esfuerzos hacia las empresas ubicadas en el D.F. Con el programa se pretende que estos establecimientos al terminar la presente administración, se encuentren regulados integralmente, cumpliendo con la normatividad actual vigente y hayan realizado acciones para cumplir, incluso, con los niveles y estándares más estrictos que permitan la optimización de recursos tan relevantes como el agua y los combustibles.

En este mismo año con la industria del concreto premezclado se concluyeron cuatro procedimientos de auditoría y se formularon acciones para la mejora de cuatro plantas más. Se inició la aplicación en tres establecimientos para su autorregulación.

Con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores Monterrey, Campus Estado de México, se suscribió un convenio de colaboración de asesoría a las empresas para instrumentar convenios de



autorregulación en industrias manufactureras del D.F., iniciándose con 60 diagnósticos en empresas que permitieron identificar planes y acciones ambientales.

Durante el año 2005 la Secretaría continuó impulsando la Auditoría Ambiental como instrumento de carácter voluntario. En este mismo período se reportó la incorporación al programa de auditorías ambientales de las empresas Médica Sur, S.A. y Extractos y Maltas, S.A. Asimismo, la industria del concreto premezclado concluyó satisfactoriamente cuatro procedimientos de auditoría y se estableció con este sector un acuerdo para instrumentar acciones inmediatas en cuatro plantas más.

Respecto al "Programa de las 300 industrias" se tiene un 80% en avance de cumplimiento, se han reducido 8 mil toneladas/año de contaminantes presentes en aguas residuales y más de 2,200 ton/año de contaminantes a la atmósfera, participan en el programa de autorregulación más de 50 empresas.

En el Programa de Autorregulación se da seguimiento al Convenio de Colaboración con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. 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.

## **12.4 Instrumentos económicos**

La Secretaría de Medio Ambiente al principio de esta administración se comprometió a revisar la viabilidad y la oportunidad para la promoción en todos los ámbitos de la política ambiental, que lograrán la integración de fondos de financiamiento para acciones específicas como es el caso de la renovación de transporte urbano, incluyendo los taxis, diseño de líneas de crédito accesible a inversionistas y transportistas, apoyos a la generación de servicios ambientales, a la innovación tecnológica más amigable con el medio ambiente, entre otras acciones relevantes.

### **Incentivos fiscales**

De los programas propuestos para reducir las emisiones contaminantes al aire, las descargas al agua y la contaminación de suelos, la Secretaría revisó las condiciones y oportunidades más viables en la promoción de reformas al Código Financiero del D.F. con el fin de participar en el diseño de instrumentos para aquellas inversiones que contribuyan a reducir y controlar las emisiones en las tres matrices ambientales, de acuerdo a la normatividad vigente.

Los incentivos fiscales fueron: La reducción del 50% del impuesto a la nómina y la exención del pago del impuesto predial para aquellas empresas que realizarán mejoras ambientales.

## Fideicomiso Ambiental Metropolitano y Comisión Ambiental Metropolitana

El Fideicomiso Ambiental Metropolitano que financia proyectos propuestos por la Comisión Ambiental Metropolitana, ha continuado apoyando la realización de proyectos para el fortalecimiento de la gestión ambiental.

La coordinación entre los miembros de la Comisión Ambiental Metropolitana, permitió obtener 259 millones de pesos del Fondo Ambiental del Valle de México (FIDAM), para implementar 28 proyectos de mejoramiento ambiental en la ZMVM, entre los años 2000 y 2005, de los cuales 13 proyectos fueron propuestos por el Gobierno del Distrito Federal, 13 por el Gobierno del Estado de México y 2 por el Gobierno Federal.

Los proyectos autorizados por el FIDAM en materia de calidad del aire se indican en la Tabla 12.4.1.

**Tabla 12.4.1 Proyectos Autorizados por el Fideicomiso Ambiental Metropolitano, relacionados con la calidad del aire**

| Nombre del Proyecto  | Dependencia Responsable | Fecha de Autorización |
|--|-------------------------|-----------------------|
| Proyecto de Desarrollo e Implementación del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes en la ZMVM.  | SMA- Edo. México        | Noviembre 2000        |
| Diseño, Adquisición e Instalación de una Red de Monitoreo para las Partículas Menores a 2.5 Micrómetros (PM <sub>2.5</sub> ) en la ZMVM.   | SMA- DF                 | Julio 2001            |
| Estrategias de Comunicación y Difusión Educativa Ambiental para la ZMVM.   | SMA- DF                 | Julio 2001            |
| Sistema de Información de Verificación Vehicular "SIVEV".  | SMA- DF                 | Agosto 2001           |
| Programa para la Recuperación y Conservación del Bosque de Chapultepec.  | SMA- DF                 | Agosto 2001           |
| Programa de Vigilancia, Evaluación y Comunicación del Impacto de la Contaminación Atmosférica en la Salud de la Población de la Zona Metropolitana del Valle de México.  | SSA                     | Agosto 2001           |
| Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Segunda 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/SMA-DF              | Agosto 2001           |
| Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México.  | SMA- Edo. México        | Diciembre 2002        |
| Desarrollo, Reforestación y Rehabilitación de 48 Áreas Verdes Urbanas en Municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México.  | SMA- Edo. México        | Diciembre 2002        |
| Sistema de Información de Condiciones de Tránsito para la Estimación de las Emisiones Contaminantes por Fuentes Móviles.   | SMA- DF                 | Diciembre 2002        |
| Proyecto para el Diseño de Alternativas de Financiamiento e Instrumentación Integral de 47 Medidas del Proaire III.  | SMA- DF                 | Diciembre 2002        |
| Creación y Rehabilitación de 45 Áreas Verdes Urbanas en 15 Municipios Conurbados de la ZMVM.   | SMA- Edo. México        | Junio 2005            |
| Ampliación de las Capacidades Técnicas de Inspección de la Secretaría de Ecología en el Programa de Verificación Vehicular.  | SMA- Edo. México        | Noviembre 2005        |
| Caracterización de los Contaminantes Atmosféricos de la Zona Metropolitana del Valle de México durante la Campaña MCMA-2006. (Parte del Proyecto Milagro)  | INE                     | Septiembre 2005       |
| 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                     | Septiembre 2005       |



Durante esta administración y hasta finales del año 2005 se concluyeron cinco proyectos y tres están en ejecución. De los proyectos concluidos destaca el Sistema de Información de Verificación Vehicular (SIVEV), que permite establecer conexión con los verificentros del Distrito Federal y conocer en tiempo real cómo opera cada uno de ellos.

### **Fondo Ambiental Público del Gobierno del Distrito Federal**

En el año 2001 se impulsó la creación del Fondo Ambiental Público del D.F, para captar importantes recursos para financiar proyectos y actividades prioritarias en la protección y mejoramiento ambiental de la Ciudad, así como ser mecanismo de operación de otros instrumentos.

Con las reformas realizadas a la Ley Ambiental en diciembre de 2003, se fortaleció la captación de recursos destinados al Fondo Ambiental Público del Distrito Federal, de tal forma que en el año 2005, se ha operado con un presupuesto de aproximadamente 30 millones de pesos. Este presupuesto se ha destinado a diez proyectos que contribuyen al mejoramiento ambiental de la Ciudad y a la protección de los recursos naturales.

En materia de calidad del aire se autorizó a la DGGAA el “Estudio de Monitoreo y Evaluación de las Concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMVM”. Este proyecto se está realizando mediante convenio con el Instituto Nacional de Ecología (INE) y consiste en el muestreo integrado de 24 horas con canisters cada seis días en cinco sitios de la ZMVM durante un año (septiembre 2005 - septiembre 2006) y su posterior análisis para determinar 55 especies de compuestos orgánicos volátiles (COV).

Este estudio es el más largo en duración que alguna campaña de medición de COV haya tenido lugar en la ZMVM y permitirá conocer la distribución temporal y espacial de estos compuestos a lo largo de un año, con el fin de evaluar y proponer medidas de prevención y control así como el monitoreo rutinario de algunos de ellos que son precursores en la formación de oxidantes fotoquímicos y muchos son reconocidos tóxicos del aire.

## **XIII. VIGILANCIA AMBIENTAL DE EMISIONES AL AIRE<sup>1</sup>**

Dentro de las competencias de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y en el cumplimiento de la legislación ambiental, se han llevado a cabo acciones de inspección y vigilancia para la protección del ambiente y el aprovechamiento de los recursos naturales en todos los ámbitos de competencial local.

En septiembre cinco del 2002, se publicó en la Gaceta Oficial del D.F. el Sistema de Verificación, Inspección y Vigilancia Ambiental del Distrito Federal (SVIVA), el cual actúa como una unidad de apoyo técnico y coordinación de los procedimientos de inspección y vigilancia que realiza la Secretaría del Medio Ambiente.

El SVIVA Cuenta con tres Grupos Operativos, cada uno con facultades especializadas por área de actuación. A través de la consolidación y el fortalecimiento del Sistema ha sido posible integrar y coordinar eficientemente las acciones que en esta materia desarrollan las distintas áreas operativas que inciden en el suelo de conservación y el suelo urbano. El Grupo de Verificación, Inspección y Vigilancia de los Recursos Naturales en Suelo de Conservación y Áreas Naturales Protegidas, depende técnicamente del titular de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Para la operación, coordinación y control de las actividades de inspección y vigilancia, el SVIVA cuenta con un Consejo presidido por la titular de la Secretaría e integrado por los titulares de las Direcciones Generales de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Regulación y Vigilancia Ambiental, y Bosques Urbanos y Educación Ambiental, así como los titulares de la Coordinación Ejecutiva de Vigilancia Ambiental y las Direcciones de Vigilancia y Control de los Recursos Naturales, Verificación Ambiental y de Reforestación Urbana.

El Consejo del SVIVA sesiona ordinariamente cada semana, para evaluar los avances, resultados y metas de las funciones de verificación, inspección y vigilancia en materia ambiental. En sus sesiones se establecen los mecanismos operativos para instrumentar las acciones de recuperación convenidas en la Comisión de Crecimiento Cero que corresponde ejecutar a la Secretaría del Medio Ambiente.

### **13.1 Fuentes fijas**

En el año 2001, que fue el primer año de operación de la presente administración, se realizaron 1,240 visitas de inspección para verificar el cumplimiento de la reglamentación en emisiones a la atmósfera.

---

<sup>1</sup> Colaboración de la Biól. Ligia Butrón Madrigal.- Directora General de Regulación y Vigilancia Ambiental; y Lic. Gabriel Leyva Martínez, Director de Verificación Ambiental



El segundo año en materia de verificación de fuentes fijas de emisiones a la atmósfera, se realizaron 914 visitas de verificación a industrias y establecimientos de servicio, infraccionando a 236 por incumplir la legislación y normatividad ambiental.

En estas visitas se observó que el 78% de ellas cumplían adecuadamente con la normatividad y de manera importante este porcentaje ha ido aumentando respecto a años anteriores.

En lo referente al Programa de Recuperación de Vapores en Estaciones de Servicio en este período se realizaron 23 visitas de verificación y seguimiento que llevaron a seis 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 D.F., actualizándose los procedimientos operativos en la aplicación de este programa.

En el 2004 se efectuaron 650 visitas de verificación a industrias por emisiones a la atmósfera, de las cuales 50 fueron clausuradas y se impusieron 54 sanciones por un monto total de 260 mil pesos. Dentro del marco del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas 23 industrias potencialmente emisoras de contaminantes por PM<sub>10</sub> fueron verificadas en su funcionamiento.

Durante el 2005 se practicaron 441 visitas de inspección en industrias que generan emisiones a la atmósfera, de las cuales se derivaron 26 clausuras y la imposición de 51 sanciones económicas. Asimismo, en el marco del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, 29 industrias potencialmente emisoras de contaminantes por PM<sub>10</sub> fueron verificadas en su funcionamiento. En el primer semestre del 2006 se realizaron 113 visitas de inspección a industrias generadoras de emisiones a la atmósfera.

## **13.2 Fuentes móviles**

Derivado de la implantación operativa de programas de inspección y vigilancia a fuentes móviles por emisiones a la atmósfera, en el período de septiembre del 2000 a septiembre del 2001, dentro del marco del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, se realizaron 238 visitas de verificación a Verificentros, aplicando clausura temporal en 37 casos, imponiendo sanciones económicas que ascienden a cinco millones seiscientos cuatro mil seiscientos quince pesos.

La inspección de verificentros tiene el propósito de asegurar la correcta operación y prestación del servicio con apego a la normatividad y al Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, para lo cual se utilizan procedimientos de auditoria con gas patrón, comunicación vía remota, grabación en video digital y revisión técnica del equipo.

En el año 2002 se reportó la realización de 263 visitas de verificación a verificentros, clausurando en forma temporal y total a 17 de ellos y en forma temporal y parcial a 38 por violaciones a la legislación y a la normatividad ambiental, derivado de malas prácticas de funcionamiento. Durante este período se apreció una disminución de reportes en irregularidades en dichos centros. Se analizaron también 3,675 videos de la operación de los verificentros, además de realizar 38,178 monitoreos remotos en tiempo real de sus operaciones, esto, con la finalidad de verificar el buen funcionamiento operativo y fortalecer el Programa de Inspección a Verificentros.

El total de denuncias recibidas por mal funcionamiento de los verificentros fueron atendidas y se presentaron ante el Ministerio Público a siete personas por irregularidades en el funcionamiento de los equipos analizadores de los verificentros.

Además del Sistema de Verificación Vehicular, el portal de Internet de la Secretaría cuenta con una página web que transparenta la operación de los verificentros a través del monitoreo en línea de los mismos. En ella, cualquier persona puede ver en tiempo real los 81 verificentros de la Ciudad de México, a través de cámaras instaladas y además, puede conocer la localización de cada uno de ellos y hacer denuncias por medio de correo electrónico o comunicación en línea.

En el período 2005 se practicaron 235 visitas de inspección que condujeron a la clausura total de 5 establecimientos, 37 de clausura parcial y la suspensión de 135 líneas de verificación por irregularidades detectadas en su operación. De las acciones de inspección se derivaron 79 sanciones económicas por un monto superior a los 7 millones de pesos.

**Tabla 13.2.1 Acciones realizadas en Verificentros del Distrito Federal**

| Año          | Visitas     | Clausura Total | Clausura Parcial | Sanciones  | Suspensiones |
|--------------|-------------|----------------|------------------|------------|--------------|
| 2001         | 238         | 37             | 0                | 37         | 5            |
| 2002         | 263         | 17             | 38               | 55         | 0            |
| 2003         | 226         | 10             | 28               | 38         | 250          |
| 2004         | 235         | 9              | 40               | 49         | 292          |
| 2005         | 243         | 5              | 37               | 87         | 355          |
| 2006         | 61          | 10             | 0                | 20         | 58           |
| <b>Total</b> | <b>1266</b> | <b>88</b>      | <b>143</b>       | <b>286</b> | <b>960</b>   |

\* Los datos comprendidos del 26 de febrero al 16 de marzo del 2006, fueron estimados.  
Fuente: GOB. D.F.; Primer Informe Trimestral de Labores 2006.

Para mantener el programa de verificación con altos estándares de funcionamiento se practicaron en el primer trimestre de este año (Tabla 13.2.1) 61 visitas a verificentros, con un total de 10 clausuras y 58 suspensiones parciales por irregularidades en los sistemas de operación y se impusieron 20 sanciones por un monto mayor a 1 millón de pesos.



### 13.3 Vehículos ostensiblemente contaminantes

Con la finalidad de asegurar el cumplimiento del Programa de Verificación Vehicular, mediante el Programa de Vehículos Contaminantes (PVC) se detecta y sanciona a los vehículos automotores que circulan en la Ciudad sin contar con verificación o que emiten humos ostensiblemente contaminantes.

En el ejercicio 2001 se sancionaron 11,702 vehículos por contaminar ostensiblemente o por no contar con la verificación del semestre inmediato anterior. En relación a otros programas para regular las emisiones de los vehículos automotores, destacan el de combustibles alternos, la autorregulación de flotillas a diesel y el recambio de convertidores catalíticos.

En el 2002, se sancionaron 12,755 vehículos incurriendo en los delitos antes mencionados a través de 686 operativos de vigilancia que fueron ejecutados. También se realizó el diagnóstico de 77 vehículos de la delegación Azcapotzalco.

En el año 2003 se observó que la mayoría de los vehículos automotores sancionados tienen placas del Servicio Público Federal (carga y pasajeros), unidades registradas en el Estado de México y otras entidades, así mismo, este programa mostró que la medida para establecer la obligatoriedad para los propietarios matriculados en el D.F. ha surtido un efecto positivo.

En el ejercicio 2004 se realizaron 1 mil 119 operativos, a través de los cuales se detectaron vehículos en circulación con emisiones ostensibles de contaminantes y se aplicaron 12 mil 132 sanciones que se traducen en un monto cercano a los 13 millones de pesos. En el 2005, se realizaron 909 operativos, a través de los cuales se aplicaron 13 mil 522 sanciones económicas por un monto cercano a los 11 millones de pesos.

Para fortalecer el Programa de Vehículos Contaminantes, a partir del 1° de septiembre del año 2005 se incorporaron al programa 20 nuevas brigadas móviles, a través de la contratación de una empresa para prestar el servicio de apoyo en el muestreo de emisiones de vehículos contaminantes. Dicho servicio consiste en proporcionar a la Secretaría unidades móviles para la verificación, equipo para la medición de gases, técnicos para operar el equipo, así como un policía auxiliar para facilitar la detención de los vehículos contaminantes. Por su parte, la Secretaría del Medio Ambiente integró a las brigadas móviles de verificación, personal ecoguarda debidamente acreditado, el cual está autorizado para aplicar las sanciones a los vehículos contaminantes de acuerdo con las atribuciones que le confiere la Ley Ambiental del D.F. a la Secretaría.

En el primer semestre del 2006 se mantuvieron los operativos de vigilancia y se sancionó a 26 mil 153 vehículos ostensiblemente contaminantes.

## **XIV. DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN AMBIENTAL DEL AIRE**

Dentro de las tareas de la Secretaría del Medio Ambiente (SMA) del Distrito Federal se encuentran las ligadas al rendimiento de cuentas, donde se identifica la necesidad de difundir entre la población las distintas acciones que en la materia le corresponde a la SMA. Esto, ligado al compromiso de comunicación educativa que permite informar a la sociedad la forma en la cual la autoridad ambiental atiende los problemas de la Ciudad y cuáles son las partes que a ésta sociedad le corresponde asumir en las políticas y programas vigentes.

La SMA tiene una labor permanente de difusión y comunicación de los programas, proyectos y acciones que realiza. A través de diversas estrategias e instrumentos que la Secretaría desarrolla, la población recibe la información que incentiva el conocimiento, la participación y la responsabilidad ambiental.

En respuesta a la necesidad de la población de tener acceso a la información ambiental, la SMA a través de su página electrónica <http://www.sma.df.gob.mx>, pone a disposición de la ciudadanía un sistema de información ambiental conocido como CEIN@ (Centro de Información Ambiental).

A través de este sitio se integran y difunden los programas y proyectos del gobierno local en lo referente a medio ambiente. La información se compone de diversos temas como son: áreas naturales protegidas, trámites, indicadores, atención y participación ciudadana, sistemas de información geográfica, publicaciones, bosques urbanos, zoológicos, el Museo de Historia Nacional, eventos, regulación y vigilancia, temas de interés para niños, así como variadas publicaciones en materia ambiental en las que destacan las de calidad de aire. Entre las publicaciones se encuentran:

- ✓ Informes del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias para la ZMVM
- ✓ Inventario de Emisiones de la ZMVM
- ✓ Inventario de Emisiones Tóxicos del Aire en la ZMVM
- ✓ Informes Mensuales de la Calidad del Aire
- ✓ Balance de Solventes en la ZMVM
- ✓ Compendio Estadístico del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM
- ✓ Resúmenes climatológicos mensuales de la ZMVM
- ✓ Informe Climatológico Anual del Valle de México
- ✓ Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas
- ✓ Programa Hoy No Circula
- ✓ Notas Técnicas para la difusión de temas de calidad del aire
- ✓ Análisis del comportamiento semanal de ozono (O<sub>3</sub>) en la Ciudad de México
- ✓ Análisis del comportamiento del O<sub>3</sub> por época del año en la Ciudad de México
- ✓ Evaluación comparativa de las mediciones O<sub>3</sub> en estaciones de monitoreo del SIMAT



- ✓ Evaluación del desempeño de la Red Automática de PM<sub>2.5</sub>
- ✓ Programa de Verificación Vehicular Obligatorio
- ✓ Pronóstico de la Calidad del Aire
- ✓ Informes de Auditoría del Sistema de Monitoreo Atmosférico
- ✓ Memoria de las ponencias del Foro de Monitoreo Atmosférico, Foro de Calidad del Aire en el Distrito Federal y Cambio Climático, y Tallere de Gestión Ambiental del Aire y del Taller para el Control de Partículas en la ZMVM
- ✓ Estadísticas del Programa de Verificación Vehicular
- ✓ Programa de Reducción de Emisiones a la Atmósfera en la Industria
- ✓ Diagnóstico Ambiental de los Establecimientos Manufactureros de Comercio y Servicios



Figura 14.1 Página electrónica de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal

## 14.1 Monitoreo atmosférico

Adicional al Centro de Información Ambiental, el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT), a través de su página electrónica <http://www.sma.df.gob.mx/simat/>, permite el acceso a sus bases de datos de los parámetros meteorológicos y las concentraciones de contaminantes, los últimos registros horarios en cada estación de monitoreo, el mapa de ozono diario en la Zona Metropolitana del Valle de México, los últimos promedios de una hora de PM<sub>2.5</sub>, pronósticos, indicadores de calidad de aire actualizados mensualmente, mapas interactivos, manuales de procedimientos, estructura del SIMAT, publicaciones y resúmenes climatológicos mensuales, valores de capa de mezclado, humedad y la temperatura en el Valle de México, entre otros temas.



Figura 14.1.1 Portal de Internet del Sistema de Monitoreo Atmosférico

En diciembre de 2000 el SIMAT incorporó una visión de mejora continua de los productos y servicios que ofrece. La transparencia de sus procesos internos es una de las características con las que opera el SIMAT, los cuales están debidamente documentados y disponibles, conforme a los requerimientos de los sistemas de administración de la calidad. La creación de un Consejo Asesor que supervisa la operación del SIMAT y evalúa las propuestas técnicas para su mejora, evita la toma de decisiones unilaterales en la operación y administración de este sistema, lo que garantiza la confiabilidad de la información que proporciona.

En el año 2001 el SIMAT inicia la medición de radiación fotosintéticamente activa en cuatro estaciones. Esta información es valiosa en estudios del clima y aprovechamiento de la energía solar por los cultivos. En agosto del 2003, se inicia la recepción de datos de partículas menores a

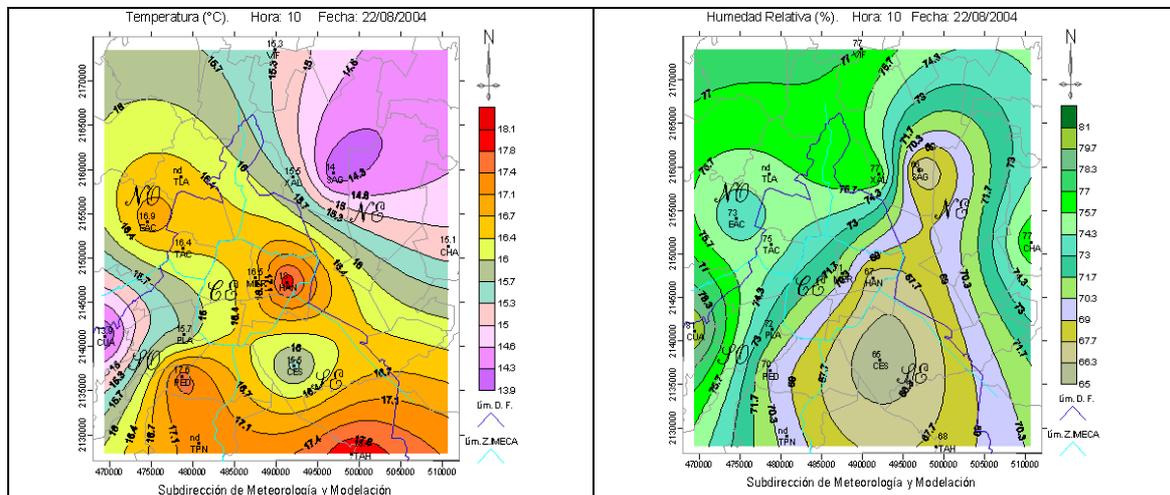


2.5 micrómetros, después de la conclusión del proyecto para el diseño de una red de monitoreo de este contaminante.

## 14.2 Pronóstico meteorológico

Los pronósticos meteorológicos de la ZMVM se publican dos veces al día en la página de Internet de la Secretaría del Medio Ambiente donde se encuentran a disposición del público, así como los mapas de pronóstico de variables meteorológicas que permiten predecir el comportamiento del viento, la humedad y la temperatura en el Valle de México.

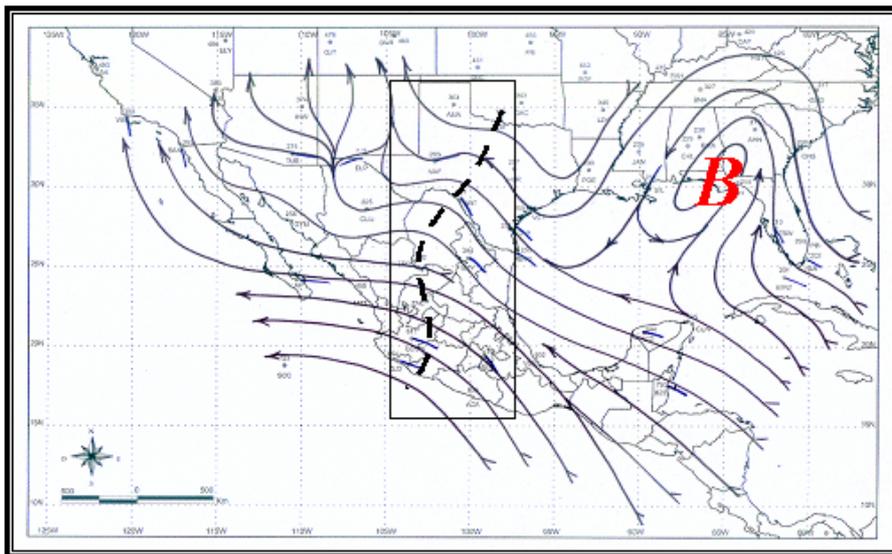
Cada hora se elaboran dos mapas, uno de Temperatura Ambiente y otro de Humedad Relativa, que representan a estos dos parámetros meteorológicos en la superficie del Valle de México.



**Figura 14.2.1 Mapas de temperatura y humedad**

Diariamente se genera un pronóstico meteorológico de hasta 48 horas, estimado con el modelo meteorológico MM5, para la región central de la República Mexicana y el Distrito Federal. Con este fin, se utilizan dos dominios de simulación, el primero abarca la zona centro de la República Mexicana, y está formado por 62 x 70 celdas con una resolución de 9 km. El segundo dominio abarca la Zona Metropolitana del Valle de México y parte de Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo y Puebla; éste dominio tiene 40 x 52 celdas con resolución de 3 km. Además, verticalmente el modelo estima la meteorología en 21 niveles de presión atmosférica.

Los resultados desplegados para diversos niveles de presión y altura son campos de Temperatura, Viento (graficado con líneas de corriente y con barbas), Humedad Relativa, Velocidad Vertical del Viento, Sondeos Meteorológicos y Cortes Transversales Atmosféricos que muestran el perfil vertical del viento en un sector específico de la región.



**Figura14.2.2 Mapa Sinóptico a macroescala del flujo de viento**

La Secretaría del Medio Ambiente analiza las cartas meteorológicas y determina si las condiciones meteorológicas serán o no favorables en el día para la dispersión de los contaminantes; igualmente estima los índices máximos de ozono por zona, los niveles de humedad, viento, temperaturas mínima y máxima promedio y los parámetros que definen una inversión térmica en el Valle de México. En el análisis de la información se pronostica la interacción de las condiciones meteorológicas con el comportamiento de los contaminantes.

El Pronóstico Meteorológico Matutino se elabora por la mañana y tiene como vigencia el mismo día. El Pronóstico Meteorológico Vespertino se elabora por la tarde y tiene vigencia para el día siguiente.

**Tabla 14.2.1 Ejemplo de Pronóstico de Calidad del Aire y Meteorológico**

| Pronóstico de la Calidad del Aire |    |   |        |                 |                           |                     |     |   |     |                  |
|-----------------------------------|----|---|--------|-----------------|---------------------------|---------------------|-----|---|-----|------------------|
| Horario                           |    |   |        | Viento          | Nubosidad                 | Rango (IMECA Ozono) |     |   |     | Probabilidad (%) |
| De                                | 7  | a | 12 Hrs | Calma a 05 Km/H | Despejado                 | De                  | 10  | a | 50  | 90               |
| De                                | 13 | a | 14 Hrs | Calma a 05 Km/H | Despejado a medio nublado | De                  | 51  | a | 100 | 90               |
| De                                | 15 | a | 18 Hrs | Calma a 10 Km/H | Medio nublado a nublado   | De                  | 101 | a | 115 | 90               |
| De                                | 19 | a | 21 Hrs | Calma a 10 Km/H | Nublado                   | De                  | 10  | a | 100 | 90               |

PRONÓSTICO PARA LA ZONA METROPOLITANA: Prevalecerá día caluroso, cielo despejado a medio nublado hasta la mitad de la tarde con nublados y lluvias después de las 18:00 horas. Por otra parte se estima que la temperatura mínima promedio oscilará de 11.0 a 12.0 grados Celsius y la máxima promedio de 25.0 a 26.0 grados Celsius.



### 14.3 Pronóstico de la calidad del aire

El Pronóstico de la Calidad del Aire en la Ciudad de México se emite cada día a las 17:00 horas con una estimación de la calidad probable para el día siguiente. Este pronóstico también incluye consejos útiles para la protección de la salud con respecto a la calidad del aire esperada; estas recomendaciones se dan sobre todo para la población más sensible como los ancianos, los niños y los enfermos que padecen afecciones respiratorias.

El pronóstico se envía en formato electrónico a los medios de comunicación, autoridades ambientales y de salud que se encuentran en el Valle de México. El propósito de esta información es que se conozcan con oportunidad los posibles rangos que alcanzará el índice Metropolitano de la Calidad de Aire (IMECA), igualmente este reporte va acompañado de una descripción de los posibles riesgos por exposición y acciones recomendadas para proteger la salud pública.

| CONTAMINANTE (O3) |           |           |           |           |           |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| HORA              | NO        | NE        | CE        | SO        | SE        |
| 1                 | 11        | 12        | 3         | 8         | 8         |
| 2                 | 7         | 10        | 3         | 8         | 11        |
| 3                 | 8         | 10        | 3         | 8         | 9         |
| 4                 | 8         | 5         | 3         | 4         | 10        |
| 5                 | 7         | 5         | 3         | 5         | 7         |
| 6                 | 7         | 5         | 3         | 4         | 4         |
| 7                 | 7         | 5         | 3         | 5         | 4         |
| 8                 | 7         | 5         | 3         | 5         | 5         |
| 9                 | 8         | 6         | 4         | 7         | 5         |
| 10                | 10        | 10        | 7         | 13        | 13        |
| 11                | 22        | 25        | 15        | 21        | 24        |
| 12                | 39        | 43        | 30        | 33        | 40        |
| 13                | 59        | 57        | 53        | 53        | 56        |
| <b>Máximos</b>    | <b>59</b> | <b>57</b> | <b>53</b> | <b>53</b> | <b>56</b> |

| PRONOSTICO DE OZONO PARA EL VALLE DE MEXICO |                      |  |
|---|----------------------|--|
| FECHA DE VALIDEZ: 12-OCTUBRE-2006           |                      |  |
| HORAS                                       | CALIDAD DEL AIRE     | RIESGOS  |
| 07-11                                       | BUENA (0-50)         | No hay riesgo a la salud para la población en general.   |
| 12-13                                       | REGULAR (50-100)     | No hay riesgo a la salud para la mayoría de la población. Los niños, personas de la tercera edad y quienes padecen enfermedades respiratorias, como el asma, o enfermedades cardiovasculares, deben informarse sobre los niveles de contaminación.   |
| 14-17                                       | DEFICIENTE (100-150) | La población en general puede presentar dolor de cabeza o pecho, ardor de ojos o garganta. Estas molestias pueden ser mayores en los niños, las personas de la tercera edad y las personas que padecen enfermedades respiratorias, como el asma, o enfermedades cardiovasculares. La persistencia de este color por varios días aumenta el riesgo a desarrollar enfermedades como el asma. |
| 18-21                                       | REGULAR (50-100)     | No hay riesgo a la salud para la mayoría de la población. Los niños, personas de la tercera edad y quienes padecen enfermedades respiratorias, como el asma, o enfermedades cardiovasculares, deben informarse sobre los niveles de contaminación.   |

| CALIDAD DEL AIRE | ACCIONES RECOMENDADAS   |
|------------------|---|
| BUENA            | Puedes realizar actividades al aire libre, hacer ejercicio o salir a pasear.<br>"No se espera un aumento de la contaminación en el corto plazo"   |
| REGULAR          | Puedes realizar actividades al aire libre, hacer ejercicio o salir a pasear.<br>"Consulta el Índice de Calidad del Aire, la contaminación puede aumentar"   |
| DEFICIENTE       | "Protege tu salud"<br>Evita realizar actividades al aire libre<br>Toma agua en forma abundante, come frutas y verduras que contengan vitaminas A y C<br>Evita fumar o aléjate de los fumadores<br>"Consulta el Índice de Calidad del Aire, la contaminación puede aumentar y causar problemas de salud mayores"   |
| MALA             | "Protege tu salud"<br>Si no es necesario, evita salir de casa.<br>Toma agua en forma abundante, come frutas y verduras que contengan vitaminas A y C.<br>Evita fumar o aléjate de los fumadores y evita cambios bruscos de temperatura.<br>Las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, la bronquitis o la obstrucción crónica, así como quienes padecen enfermedades cardíacas deben extremar precauciones para evitar exponerse al aire libre.<br>"Consulta el Índice de Calidad del Aire, mantente informado pues la contaminación puede aumentar y causar mayores problemas de salud"<br>"Ayuda a disminuir la contaminación"<br>Cambia tu rutina, procura no utilizar el automóvil, usa el metro o el autobús.<br>Si es inevitable se recomienda:<br>- Planea recorridos para combinar rutas y reducir el número de viajes.<br>- Comparte el vehículo con otros pasajeros.<br>- No te estaciones en doble fila frente a escuelas, bancos o vías rápidas.<br>- Viaja a la velocidad de cruceo, evita el arranque y frenado bruscos.<br>- Procura cargar gasolina después de las 18:00 horas   |
| MUY MALA         | "Protege tu salud"<br>Evita salir de casa, mantente en lugares cerrados y no realices actividades al aire libre.<br>Evita abrir puertas y ventanas en las casas y oficinas en las horas de mayor contaminación<br>Toma agua en forma abundante, come frutas y verduras que contengan vitaminas A y C.<br>Evita fumar o aléjate de los fumadores y evita cambios bruscos de temperatura.<br>Las personas con enfermedades respiratorias, como el asma, la bronquitis o la obstrucción crónica, así como quienes padecen enfermedades cardíacas deben extremar precauciones. Acude al médico si presentas síntomas respiratorios o cardíacos.<br>Acude al médico si presentas síntomas respiratorios o cardíacos<br>"Consulta el Índice de Calidad del Aire, mantente informado"<br>"Ayuda a disminuir la contaminación"<br>Cambia tu rutina, procura no utilizar el automóvil, usa el metro o el autobús.<br>Si es inevitable usar el automóvil se recomienda:<br>- Planea recorridos para combinar rutas y reducir el número de viajes.<br>- Comparte el vehículo con otros pasajeros.<br>- No te estaciones en doble fila frente a escuelas, bancos o vías rápidas.<br>- Viaja a la velocidad de cruceo, evita el arranque y frenado bruscos.<br>- Procura cargar gasolina y usar solventes o pinturas después de las 18:00 horas. |

Figura 14.3.1 Pronóstico calidad del aire

## 14.4 Verificación vehicular

A través de la página web de la SMA es posible observar “al momento” imágenes de cámaras de video que permiten visualizar lo que esta ocurriendo en las líneas de prueba de los Verificentros del Distrito Federal.

Asimismo, es posible obtener la base de datos de todas las pruebas efectuadas en los Verificentros, incluyendo los tipos de vehículos y los resultados de sus emisiones en las pruebas.

## 14.5 Publicaciones

La SMA, difunde información ambiental de tipo prioritario, sobre los diversos temas que se relacionan con aire, agua, suelo, residuos, recursos naturales, estudios ambientales, bosques, etc.

La Secretaría cuenta en su página de Internet con diversas publicaciones en formato electrónico que incluye estudios, boletines, resúmenes, compendios, etc. En esta administración se tienen disponibles para descarga las siguientes publicaciones:

**Tabla 14.5.1 Publicaciones de la SMA sobre temas relacionado con la calidad del aire**

| Fecha de Publicación | Título  |
|----------------------|---|
| 2006                 | Pruebas en Campo de Autobuses de Tecnologías Alternativas en la Ciudad de México, Reporte Final   |
|                      | Presentación Pruebas de Tecnologías de Autobuses  |
|                      | Protocolo de Pruebas  |
|                      | Estudio de Ciclo de Manejo de Autobuses en el D.F.  |
|                      | WVU Reporte Final en Español e Inglés (Estudio de Emisiones de Autobuses con Dinamómetro de la Universidad de Virginia del Oeste)   |
|                      | Reporte de Correlación en Español e Inglés (Estudio de Correlación RAVEM-Dinamómetro)   |
|                      | Estudio con equipo portátil RAVEM (Reporte final en Español e Inglés)   |
|                      | Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2005  |
|                      | Balance de Solventes de la ZMVM   |
|                      | Inventario de Contaminantes Tóxicos del Aire en la ZMVM, 2004   |
|                      | Boletín de prensa. Disminución del umbral de contingencias ambientales por ozono  |
|                      | Reunión informativa de la Comisión Ambiental Metropolitana, 18 de agosto de 2006  |
|                      | Proyecto de norma Ambiental, Requisitos para elaborar el índice Metropolitano de la Calidad Aire  |
|                      | Informe de la auditoría de desempeño 2005 de la Red Automática de Monitoreo por la Agencia de Protección Ambiental de los estados Unidos (EPA)  |
|                      | Campaña de Monitoreo Ambiental a Distancia de Vehículos   |
|                      | Programa de verificación vehicular obligatorio, primer semestre 2006  |
|                      | Programa de verificación vehicular obligatorio, segundo semestre 2006   |
|                      | Reporte Interno de Auditoría de Monitores de Partículas Suspendidas   |
|                      | Informe Meteorológico Mensual de Noviembre de 2005  |
|                      | Cantidad de Convertidores Catalíticos instalados en el Distrito Federal   |
|                      | Inventario de Emisiones de la ZMVM, 2004  |
|                      | Report from the Performance Audit of the Mexico City Ambient Air Monitoring Network   |
|                      | Informe Meteorológico Mensual de octubre de 2005  |
|                      | Informe Meteorológico Mensual de septiembre de 2005   |
|                      | Informe Meteorológico Mensual de agosto de 2005   |
|                      | Foro de Monitoreo Atmosférico y Taller de Gestión Ambiental del Aire  |
|                      | Taller para el Control de Partículas en la ZMVM   |
|                      | Análisis palinológico de “lluvia de azufre”   |
|                      | Reporte de la Auditoría Interna 2006-1 al desempeño de los monitores continuos de partículas suspendidas (PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> ) y de los muestreadores FRM PM <sub>2.5</sub> |
|                      | Informe Meteorológico Mensual de noviembre de 2005  |



Continúa Tabal 14.5.1

|  |  |
|--|--|
| 2005   | Informe Meteorológico Mensual de junio de 2005   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Mayo de 2005  |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Abril de 2005   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Marzo de 2005   |
|  | Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002. Final                     |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Enero de 2005   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Febrero de 2005   |
|  | Programa de verificación vehicular obligatorio, segundo semestre 2005                                |
|  | Informe del estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2004 para la ZMVM                             |
|  | Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2004   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Diciembre de 2004   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Noviembre de 2004   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Septiembre de 2004  |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Octubre de 2004   |
|  | Programa de verificación vehicular obligatorio, primer semestre 2005                                 |
|  | Firma del bono de carbono con el Banco Mundial   |
|  | Quinto Informe de Trabajo de la Secretaría del Medio Ambiente del GDF                                |
|  | Programa de Autorregulación para Motores a Diesel  |
| Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2004, para la ZMVM  |  |
| 2004   | Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias del Valle de México 2003                      |
|  | Actualización del Programa Hoy No Circula  |
|  | Elementos para la Propuesta de Actualización del Programa "Hoy No Circula" de la Zona Metropolitana  |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Agosto de 2004  |
|  | Propuesta de los criterios de exención al Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (COV)   |
|  | Programa de verificación vehicular obligatorio, primer semestre 2004                                 |
|  | Programa de verificación vehicular obligatorio, segundo semestre 2004                                |
|  | Diagnóstico Ambiental de los establecimientos manufactureros, comerciales y de servicios ubicados DF |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Julio de 2002   |
|  | Informe de la Auditoría a la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México          |
|  | Programa de Reducción de Emisiones a la Atmósfera en la Industria                                    |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Junio de 2004   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Mayo de 2004  |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Abril de 2004   |
|  | Mesa de Trabajo de Diesel Bajo Azufre  |
|  | Mesa de Trabajo de Diesel Bajo Azufre II   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Marzo de 2004   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Febrero de 2004   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Enero de 2004   |
|  | Mesa de Trabajo Diesel Bajo Azufre   |
|  | Inventario de Emisiones de la ZMVM, 2002   |
| Programa Integral de Reducciones de Emisiones Contaminantes PIREC  |  |
| Elementos para la propuesta de actualización del Programa Hoy No Circula de la ZMVM  |  |
| Regulación Ambiental de los Vehículos a Diesel de la ZMVM  |  |
| Acuerdo que establece las medidas para limitar la circulación de los vehículos automotores del Distrito Federal, para controlar y reducir la contaminación atmosférica y contingencias ambientales |  |
| 2003   | Informe Meteorológico Mensual de Diciembre de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Noviembre de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Octubre de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Septiembre de 2003  |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Agosto de 2003  |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Julio de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Junio de 2003   |
|  | Programa de verificación vehicular obligatorio, primer semestre 2003                                 |
|  | Programa de verificación vehicular obligatorio, segundo semestre 2003                                |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Abril de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Marzo de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Febrero de 2003   |
|  | Informe Meteorológico Mensual de Enero de 2003   |
|  | Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2003   |
|  | Inventario de Emisiones de la ZMVM, 2000   |
|  | Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias del Valle de México 2002                      |

Continúa Tabal 14.5.1

|   |   |
|---|---|
| 2002  | Informe Meteorológico Mensual de Diciembre de 2002  |
|   | Programa de verificación vehicular obligatorio, primer semestre 2002  |
|   | Programa de verificación vehicular obligatorio, segundo semestre 2002   |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Noviembre de 2002  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Noviembre y Diciembre de 2002   |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Octubre de 2002  |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Septiembre de 2002   |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Septiembre y Octubre de 2002  |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Agosto de 2002   |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Julio de 2002  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Julio y Agosto de 2002  |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Junio de 2002  |
|   | Informe Meteorológico Mensual de Mayo de 2002   |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Mayo y Junio de 2002  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Marzo y Abril de 2002   |
|   | Informe del estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2002 para la ZMVM  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Enero y Febrero de 2002   |
|   | ProAire - Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 2002-2010   |
|   | Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2002  |
|   | Estadísticas del Medio Ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2002 El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Gobierno del Distrito Federal (GDF) |
| Programa de Protección Ambiental del D.F. 2002-2006 |   |
| 2001  | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Noviembre y Diciembre de 2001   |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Septiembre y Octubre de 2001  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Julio y Agosto de 2001  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Mayo y Junio de 2001  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Marzo y Abril de 2001   |
|   | Informe del Estado de la Calidad del Aire y Tendencias 2001 para la ZMVM  |
|   | Calidad del Aire Informe Bimestral Ciudad de México Enero y Febrero de 2001   |
|   | Compendio Estadístico del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM 1986-2001   |
|   | Informe Climatológico Ambiental del Valle de México 2001  |
|   | Programa Integral de Reducción de Emisiones Contaminantes "PIREC"   |
|   | Inventario de Emisiones de la ZMVM, 1998  |
|   | Programa de verificación vehicular obligatorio, primer semestre 2001  |
|   | Programa de verificación vehicular obligatorio, segundo semestre 2001   |



## **XV. UN MENÚ DE ACCIONES PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS**

Como se ha mostrado a lo largo del presente documento, la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) ha mejorado significativamente en la última década, ya que por una parte se ha logrado mantener a algunos contaminantes bajo control y otros han continuado reduciendo sus niveles, con la instrumentación de medidas acordadas en el seno de Comisión Ambiental Metropolitana, donde la Secretaría del Medio Ambiente juega un papel importante en la propuesta de acciones, en especial para el PROAIRE 2002-2010, programa que contiene las acciones para reducir las emisiones de los sectores y subsectores generadores de los contaminantes en los próximos años.

Este programa tal vez sea el único en su tipo en el país ya que hace una planeación temporal de la política de la calidad del aire, con el propósito de que las acciones de continuidad no tengan que ser detenidas al momento que se realizan los cambios de las administraciones gubernamentales, dando una visión de mediano plazo para el desarrollo de acciones concretas.

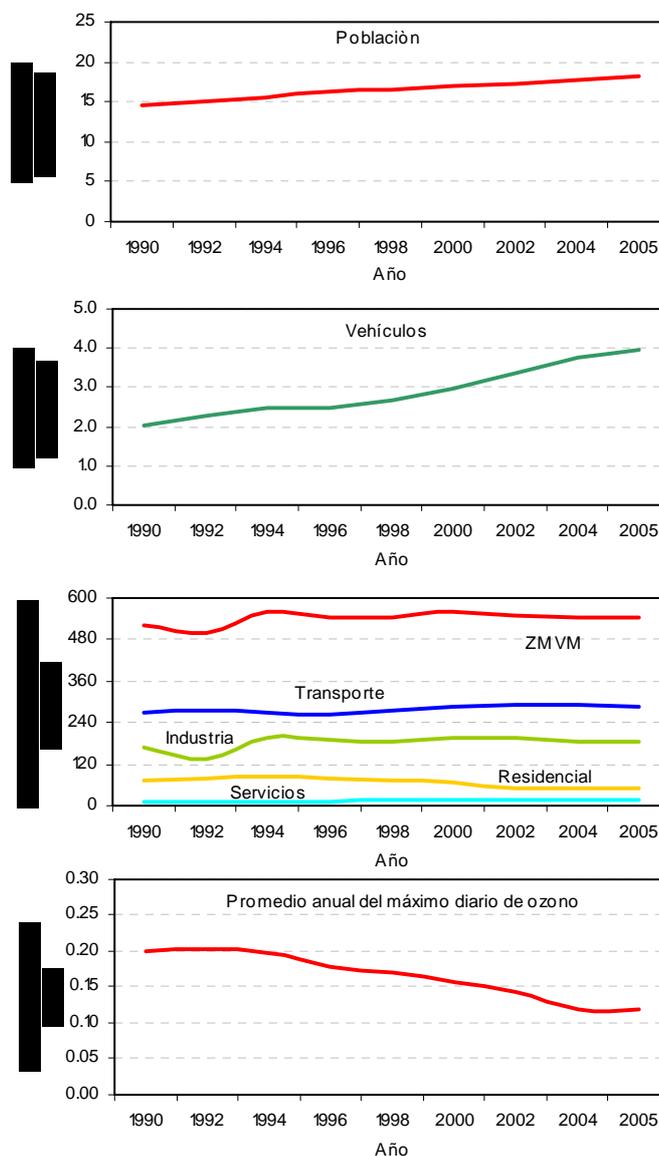
Por otra parte, es necesario reconocer que la norma de ozono aún se incumple en alrededor del 60% de los días al año y en el caso de las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros se rebasa en alrededor del 5 al 10% de los días muestreados, dependiendo de las condiciones climáticas del año. Recientemente se estableció la norma para las partículas menores a 2.5 micrómetros, la cual también presenta un grado de incumplimiento muy significativo cercano al 5% de los días muestreados. Además es importante mencionar que anteriormente en la Ciudad de México se tenían como promedio más de seis horas por día por arriba de la norma para el ozono y en la actualidad todavía se tienen alrededor de dos horas.

En la Gráfica 15.1 se observa que pese al crecimiento de la población, del consumo energético y del número de vehículos, la tendencia del ozono en la Zona Metropolitana del Valle de México muestra una disminución significativa, lo que refleja la importancia de la continuidad de los programas para reducir las emisiones; por lo cual es importante señalar que de no continuar la aplicación de éstos, la tendencia se puede revertir. Con respecto a la situación imperante al inicio de los años noventa a la fecha, la población se incrementó en 25%, el parque vehicular se incrementó en un 93% y el consumo energético se ha mantenido casi igual. A pesar de estos incrementos las concentraciones extremas del ozono bajaron en un 40% en ese periodo.

La disminución de las concentraciones de ozono en los últimos años es el resultado de la aplicación de diversos programas permanentes de carácter metropolitano como el de recambio de convertidores catalíticos, el de verificación vehicular obligatorio, el otorgamiento de los hologramas



“doble cero” y “cero” como incentivos para renovar el parque vehicular particular, la autorregulación de los vehículos a diesel y algunos emprendidos a partir del año 2001 como la sustitución de microbuses, la renovación de taxis y autobuses, la introducción del Metrobús, la regulación y control de las emisiones de las 300 industrias más emisoras, entre otros.



**Gráfica 15.1 Tendencias de población, parque vehicular, consumo de energéticos y concentración de ozono en la ZMVM (1990-2004)**

Como ya se mencionó, conceptualmente, las emisiones de hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y amoníaco en presencia de luz solar, condiciones conocidas como

fotoquímicas, dan lugar a la formación de oxidantes fotoquímicos (donde el ozono es el más abundante) y partículas secundarias muy finas.

A lo largo de los años se ha incrementado el conocimiento sobre los procesos químicos y meteorológicos que se producen en la atmósfera urbana de la ZMVM, a través de estudios experimentales y el empleo de modelos de simulación fotoquímica. Los primeros estudios se llevaron a cabo a mediados de los años 90, siendo los más recientes los efectuados por el Dr. Mario Molina en el año 2003. Dichos estudios aportan señalamientos relevantes para las políticas de mejora de la calidad del aire, siendo algunos resultados importantes los siguientes cuando se compara con lo que se observa en las ciudades europeas y norteamericanas:

- La atmósfera de la ZMVM contiene niveles muy elevados de compuestos orgánicos volátiles muy reactivos, que son ingredientes fundamentales para la formación del ozono y partículas secundarias de aerosoles finos.
- Los niveles de óxidos de nitrógeno reactivos son muy elevados; estos compuestos también contribuyen a la formación del ozono y partículas secundarias de aerosoles finos.
- La atmósfera de la ZMVM contiene niveles muy elevados de amoníaco, quien también contribuye significativamente a la formación de partículas secundarias de aerosoles finos.
- La atmósfera de la ZMVM recibe niveles muy elevados de radiación ultravioleta (UV), si bien las concentraciones elevadas de partículas secundarias de aerosoles finos atenúan con frecuencia los niveles de radiación UV a nivel de piso.
- Existe una correlación entre la producción de oxidantes fotoquímicos con la formación de cantidades importantes de partículas secundarias finas, compuestas principalmente por especies orgánicas oxidadas, nitrato de amonio y sulfato de amonio.
- La atmósfera de la ZMVM puede formar niveles elevados de ozono y otros oxidantes fotoquímicos antes del medio día, incluso en días donde la radiación solar es atenuada parcialmente por nubes.
- La atmósfera de la ZMVM presenta niveles importantes de tóxicos del aire como formaldehído, acetaldehído, benceno y tolueno.



- Los vehículos automotores son la principal fuentes de emisiones de NOx y emiten cantidades apreciables de formaldehído y acetaldehído.
- Los vehículos nuevos a gasolina son una fuente de emisiones de amoniaco.

Con base en esos estudios, el Dr. Molina ha recomendado que el control de las emisiones se dirija a las siguientes especies químicas: a) partículas finas primarias (hollín), b) óxidos de nitrógeno reactivos (NOx), c) compuestos orgánicos volátiles reactivos (aldehídos, olefinas, aromáticos), d) amoniaco (NH<sub>3</sub>).

Con relación a la composición de las partículas y su origen también se han llevado a cabo estudios específicos que permiten identificar como el principal contribuyente de las PM<sub>10</sub> a las fuentes fugitivas de polvo y la combustión de diesel. En el caso de las PM<sub>2.5</sub> y más pequeñas, predominan las partículas orgánicas secundarias (con más del 50% de la masa) y las que contienen sulfatos, nitratos, amonio y carbón elemental proveniente de la combustión de gasolinas y diesel. Los estudios han identificado que durante la mañana la composición de las partículas presentes se relacionan con las emisiones vehiculares y que después del medio día las partículas son más bien producto de la actividad fotoquímica de la atmósfera de la ZMVM.

## ¿Que hacer en los próximos años?

A continuación se presenta una relación temática de estrategias, programas y acciones derivadas de las experiencias recientes de los participantes en este documento. El propósito es múltiple: que pueda ser útil a la próxima administración del Gobierno del Distrito Federal, principalmente como sugerencias de mejoras a los programas operativos permanentes; que sirvan como sugerencias de programas y acciones concretas que se consideran exitosas por los resultados mostrados; y que se mantengan en la agenda por considerarse importantes y necesarias, aún cuando su grado de dificultad de aplicación puede ser muy alto.

Es importante aclarar que la relación temática incluye propuestas que pueden ser desarrolladas por la Dirección General de Gestión Ambiental del Aire, otras en coordinación con otras áreas de la Secretaría del Medio Ambiente y otras secretarías del Gobierno del Distrito Federal, y también se incluyen acciones a realizar en el seno de la Comisión Ambiental Metropolitana y con dependencias de la Federación.

## ProAire

- Plantear un programa específico para reducir las concentraciones atmosféricas de partículas en la ZMVM. Este programa debe enfocarse principalmente a evitar o controlar las emisiones directas de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y a las partículas secundarias formadas a partir de precursores como el  $SO_2$ , los hidrocarburos, los  $NO_x$  y el amoníaco. Entre las fuentes de emisión identificadas se tienen: la falta de pavimentación de vialidades y las zonas susceptibles de erosión eólica; la actividad industrial y los vehículos que consumen diesel; las actividades de la construcción; las quemas agrícolas y de pastizales e incendios forestales; y la quema de llantas, cohetes y juegos pirotécnicos. La realización de este programa deberá ser convenido en el seno de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), para garantizar la aceptación del mismo y la participación de las autoridades del Gobierno del Estado de México, del Distrito Federal y del Gobierno Federal.
- Se recomienda iniciar con el desarrollo de medidas específicas para integrar un programa dirigido a la reducción de las concentraciones atmosféricas de compuestos tóxicos, tales como el tolueno, los xilenos, el benceno y las partículas generadas por los vehículos a diesel en la ZMVM. Entre las fuentes de emisión más importantes identificadas en el inventario de contaminantes tóxicos se tienen a la actividad industrial de fabricación de muebles de madera; imprentas y editoriales; el recubrimiento y limpieza de superficies industriales y arquitectónicas; el uso comercial y doméstico de solventes; los autos particulares y vehículos que consumen diesel. Las medidas que se pueden instrumentar contemplan la renovación de los convertidores catalíticos en los vehículos a gasolina, instalar trampas con convertidores catalíticos en los vehículos a diesel, normar las emisiones de COV en la industria, incentivar la instalación de equipos de control de COV en los procesos industriales mediante el otorgamiento de la exención al PCAA. La realización de este programa también deberá ser convenido en el seno de la CAM para garantizar que se instrumente en toda la ZMVM.
- Se recomienda que en el seno de la Comisión Ambiental Metropolitana, la SMA lleve a cabo cada dos años una evaluación de la reducción de emisiones, para lo cual se requiere tomar como base el inventario de emisiones actualizado y compararlo con las emisiones del inventario base con el que se elaboró y/o actualizó el Programa para Mejorar la Calidad del Aire 2002-2010. Con los resultados de las diferencias entre las emisiones de ambos inventarios, se puede correr el modelo fotoquímico MCCM o uno similar, para evaluar el efecto de la reducción de las emisiones en la calidad del aire de la ZMVM.



- Revisar el seguimiento de las medidas del ProAire 2002-2010, con la finalidad de proponer modificaciones y/o reestructurar aquellas que no han sido efectivas, impulsar las que tienen poco avance y proponer nuevas medidas que reduzcan mayores emisiones a menor costo.
- Efectuar una evaluación integral del ProAire 2002-2010, para contar con el informe final al cierre del mismo e iniciar la preparación de un nuevo Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire que abarque por lo menos el periodo 2011- 2020, actividad a realizarse entre 2008 y 2010.

### **Programa de contingencias ambientales atmosféricas (PCAA)**

- Mejorar la difusión de la información para evitar daños en la salud de los habitantes de la ZMVM por exposición a niveles agudos de contaminación por ozono y partículas PM<sub>10</sub>.
- Impulsar a que los niveles IMECA de activación del PCAA se vayan reduciendo gradualmente hasta quedar en 150 puntos en los próximos años; necesariamente esto deberá ser acompañado de las medidas que reduzcan las emisiones de contaminantes.
- Es también importante que la SMA impulse la revisión y actualización de las medidas que se aplican cuando se activa el PCAA y se incorpore al programa el establecimiento de criterios para incluir la exención industrial al PCAA por reducción de sus emisiones de compuestos orgánicos volátiles, mediante equipos y medidas de prevención y control.
- En coordinación con el sector salud gubernamental, académico y de investigación, continuar realizando estudios epidemiológicos y de daños en la salud para aumentar el conocimiento sobre éste tema cuando se presentan los episodios de muy alta contaminación.

### **Verificación vehicular**

- Continuar con el mejoramiento del programa de verificación vehicular obligatorio (PVVO), optimizando la seguridad de los equipos de verificación vehicular para evitar su manipulación, reduciendo costos de mantenimiento y operación de los equipos, mediante la sustitución de los actuales equipos de verificación vehicular por nuevo equipo que evite el uso de trampas informáticas al estar integrado con un software de verificación elaborado por la autoridad ambiental.

- Dar cumplimiento a la Ley Federal de Metrología y Normalización, para lo cual la SMA debe publicar, conjuntamente con la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), una convocatoria para acreditar a los Verificentros autorizados por el GDF, como unidades de verificación.
- Reducir las emisiones de CO, HC y NOx y de gases de efecto invernadero de los vehículos nuevos a gasolina matriculados en el Distrito Federal, a través de incentivar la comercialización en la ZMVM de vehículos con emisiones mucho menores a las establecidas en la NOM 042, por medio de un nuevo esquema de otorgamiento del holograma doble cero hasta por seis años.
- Evaluar y definir las condiciones del convertidor catalítico de los vehículos que utilizan OBD II, por medio de la obtención en el proceso de verificación vehicular de los códigos de falla de los equipos OBD relacionados con la operación de los sistemas anticontaminantes incorporados en los automotores, para verificar su buen funcionamiento.
- Mejorar las condiciones operativas relacionadas con la seguridad de los vehículos de uso intensivo, lo cual evitará accidentes e inducirá una renovación de los que presentan peores condiciones físico – mecánicas que frecuentemente corresponderán a vehículos sin sistemas avanzados de control de emisiones contaminantes.
- Apoyar a las entidades que deseen actualizar o iniciar un programa de verificación homologado técnica y administrativamente al programa obligatorio de la ZMVM.
- Llevar a cabo una evaluación, por lo menos bianual, del PVVO mediante campañas con el sensor remoto de emisiones vehiculares. Se recomienda que la campaña sea metropolitana para mayor representatividad de la información.

### **Sustitución de convertidores catalíticos (PIREC)**

- Sistematizar el programa PIREC a través del nuevo equipo de verificación, eliminando el sistema electrónico de control actual, y reducir el costo de operación del mismo a través del SIVEV en conjunto con el nuevo equipo de verificación.
- Sustituir convertidores catalíticos para reducir la tasa de emisión de NOx de los vehículos a gasolina matriculados en el Distrito Federal a través de obligar el mantenimiento correctivo de los vehículos con altos niveles de emisión.



- Desarrollar un método de detección de convertidores catalíticos inoperantes en la reducción de óxidos de nitrógeno.
- Evaluar y en su caso aplicar un programa de cambio intensivo de convertidores catalíticos de los vehículos del transporte público de pasajeros.

### **Control ambiental de vehículos a diesel**

- Ampliar la cobertura del programa de autorregulación vehicular a diesel en el transporte de pasajeros y principalmente de carga.
- Autorregular las flotillas a diesel de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de adaptación de sistemas anticontaminantes a diesel (retrofit); se recomienda lanzar una convocatoria para evaluar los sistemas que se ofrezcan en el país.
- Fortalecer el programa de detección y detención de vehículos ostensiblemente contaminantes incrementando su cobertura, aplicando nuevas tecnologías.
- Es necesario iniciar un programa de regulación de las emisiones generadas por la maquinaria de construcción, ya que cuentan con motores muy similares a los que utilizan los vehículos de carga y pasajeros, pero no cuentan con sistemas para controlar sus emisiones.
- Homologar el programa de verificación vehicular federal con el del Distrito Federal y del Estado de México.
- Impulsar en el seno de la CAM, la actualización del programa Hoy No Circula para vehículos a diesel de placa federal.
- Incentivar la renovación de la flota vehicular del transporte de carga local a diesel, mediante el otorgamiento de apoyos y estímulos fiscales para los transportistas.

### **Control ambiental del transporte de carga**

- Promover ante la SETRAVI y la SCT la aplicación de las recomendaciones y propuestas del "Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle

de México”: homologar formatos de captura de la información de los padrones vehiculares del Distrito Federal, Estado de México y Federal; crear un observatorio del transporte de carga de la ZMVM para conocer la situación del transporte de carga y sus tendencias; es indispensable un programa permanente de obtención de aforos vehiculares en la ZMVM; hacer circuitos viales o libramientos a la ZMVM; gestión de la vialidad mediante un sistema de corredores de carga; gestión del territorio mediante un ordenamiento territorial logístico; incluir equipamiento urbano en las operaciones de carga y descarga en las principales áreas de distribución de mercancías, entre otras.

### **Mejoramiento ambiental del transporte colectivo de pasajeros**

En coordinación con SETRAVI:

- Apoyar la modernización continua del transporte de pasajeros de baja capacidad (Taxis) con la finalidad de propiciar la mejora tecnológica y regularizar los vehículos sin concesión para disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera.
- Propiciar que el servicio de taxis reduzca su circulación en vacío, disminuyendo como consecuencia el consumo de combustible y por lo tanto el potencial de emisiones a la atmósfera, estableciendo un programa de bases lanzaderas en el Distrito Federal.
- Continuar la sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad (Microbuses) por vehículos nuevos de alta capacidad. La medida busca también una mejor relación costo-pasajero, así como la reducción de la cantidad de contaminantes por pasajero transportado, lo cual implica necesariamente una mayor capacidad de las unidades.
- Disminuir el potencial de emisiones por pasajero-kilómetro transportado al eliminar paradas y frenadas continuas. Esto se logrará al establecer un sistema integral de corredores confinados con estaciones con paradas fijas y carriles exclusivos para el transporte público masivo y sus líneas alimentadoras. Este sistema también contribuye a dar más orden al uso de las vialidades, así como a evitar la competencia desordenada por el uso de carriles con otros modos de transporte.
- Fomentar la modernización continua de la flota de los autobuses de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) para contar siempre con la mejor tecnología disponible y garantizar el control y disminución de emisiones, así como optimizar la economía de combustible. Esto permitirá “poner el ejemplo” de lo que debe de ser el transporte limpio en la ciudad.



- Impulsar la modernización continua de la flota de autobuses concesionados con la finalidad de contar siempre con la mejor tecnología ambiental disponible, para garantizar el control y disminución de emisiones, así como mejorar la economía de combustible. Al igual que con la flota de RTP, es necesario evitar que este parque se vuelva obsoleto, por lo que deben desarrollarse y mantenerse en la medida de lo posible esquemas de renovación continua, contemplando soluciones tecnológicas como la integración de trampas de partículas y el uso de diesel de ultrabajo azufre, o en su momento combustibles alternos que hayan demostrado su eficiencia en otros países y en México.

### **Renovación de vehículos sin convertidor catalítico**

- Incentivar la renovación de la flota vehicular de transporte particular sin tecnología de reducción de emisiones. Diseñar y aplicar un mecanismo mediante el cual se incentive el cambio de unidades sin control de emisiones contaminantes por unidades más limpias; el mecanismo puede incluir elementos restrictivos mediante la verificación vehicular y el programa HNC, la compra y chatarrización de unidades por empresas con altas tasas de emisión de contaminantes, una normatividad progresiva más estricta, etc.

### **Normatividad vehicular**

- Proponer el proyecto de norma PROY-NOM-045-SEMARNAT-2006 "Vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- Niveles máximos de opacidad, medida en coeficiente de absorción de luz, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición", para hacer más estrictos los límites permitidos.
- Apoyar la actualización de la NOM-048-SEMARNAT-1993 que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo proveniente del escape de las motocicletas en circulación y con ello llevar a cabo una verificación efectiva en los verificentros del Distrito Federal.
- Apoyar la elaboración de una norma oficial mexicana que fije límites máximos permisibles de emisión de los contaminantes provenientes de las motocicletas nuevas, para propiciar solamente la fabricación y/o importación de unidades limpias.

- Elaborar una norma local que exija el uso de dispositivos de reducción de emisiones contaminantes en las unidades que utilicen gas licuado de petróleo como combustible, para permitir la intercambiabilidad del convertidor catalítico.

### **Movilidad eficiente**

- Diseñar y aplicar un programa de acciones concretas y prácticas que permitan reducir el número de viajes de los habitantes del Distrito Federal. La evolución que ha tenido la ZMVM y su desarrollo urbano, hacen que hoy día las personas deban realizar grandes recorridos para ir al trabajo, a la escuela e incluso para hacer compras y trámites administrativos. Las experiencias de muchas ciudades del mundo muestran que es posible instrumentar acciones concretas que disminuyen el número de viajes de las personas; entre ellos están la compactación de horarios en días laborables, el trabajo en casa y la utilización de sistemas de comunicación como el Internet para realizar algunas actividades que en la actualidad demandan viajes. Potencialmente existen muchas oportunidades que se pueden aprovechar, por ejemplo, llevar a cabo trámites por Internet con las Delegaciones y con el Gobierno central, realizar compras por Internet en establecimientos comerciales, facilitar el pago de servicios de luz, agua y teléfono por Internet. Es previsible que este programa tendrá un mayor impacto si se realiza en toda la ZMVM.

### **Transporte alternativo**

- Impulsar el transporte no contaminante entre los ciudadanos del D.F., con la finalidad de inhibir el uso de transporte motorizado, sobre todo en recorridos cortos, esto con la finalidad de disminuir las emisiones de contaminantes. Entre los modos de transporte alternativos está la caminata y los desplazamientos en bicicleta. Para este último es necesario continuar promoviendo su implementación privilegiando las ciclovías que comuniquen las áreas residenciales con zonas comerciales, escuelas, oficinas, servicios, lugares de esparcimiento y culturales, etc., promoviendo el uso de este modo de transporte entre semana.

### **Vialidades y transporte**

- Promover ante las autoridades correspondientes la construcción y mantenimiento de infraestructura vial en el D.F. y la zona conurbada, para mejorar la velocidad promedio en la ciudad, de manera tal que se disminuya el consumo de combustibles y la



tasa de emisión de contaminantes por kilómetro viajado. Se recomienda establecer acuerdos con el Estado de México para solucionar los conflictos viales y de congestión que se presenten en las zonas limítrofes de ambas entidades, los que suelen constituirse en cuellos de botella que disminuyen de manera considerable las velocidades crucero provocando con esto aumentos significativos en el potencial de emisiones a la atmósfera. El mejoramiento de las vialidades siempre deberá ir acompañado de medidas que impulsen al transporte público masivo de pasajeros con carácter Metropolitano, como construcción de Metrobús, tren suburbano y ampliación del Metro donde la disponibilidad de reserva territorial lo permita.

### **Control ambiental de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios**

- Seguir promoviendo la reducción de emisiones en los establecimientos industriales y de servicios más contaminantes de jurisdicción del Gobierno del Distrito Federal, con énfasis en sus emisiones de partículas, hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y compuestos tóxicos. Primeramente es necesario incentivar al sector para que regularice su cumplimiento ambiental y analizar la información del anexo "A" de la Licencia Ambiental Única, para establecer las empresas que se incorporarían en el programa integral para la reducción de emisiones de estos sectores. El desarrollo de este programa deberá contemplar la simplificación de trámites, los estímulos fiscales existentes, la autorregulación, los programas de producción más limpia y de auditorías voluntarias, y la exención al PCAA mediante la reducción de emisiones.
- En el seno de la CAM, efectuar un estudio analítico de prácticas y tecnologías para la reducción y el control de emisiones de COV en las industrias y establecimientos con mayores emisiones en la ZMVM. Establecer un esquema de aplicación de las mismas como parte de la participación de los establecimientos en el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

### **Infraestructura de medición y pruebas vehiculares**

- Realizar pruebas de correlación del equipo a bordo con un laboratorio de emisiones, para medir emisiones provenientes de unidades a diesel complementarias a las realizadas durante el año 2004.

- Incorporar sistemas de medición remota de emisiones de vehículos a diesel, para reforzar el programa de detección de vehículos altamente contaminantes.
- Desarrollar bases técnicas para el mejoramiento ambiental del parque vehicular a gasolina con el laboratorio IM-240, obteniendo información representativa del deterioro de los sistemas de control de emisiones.

### **Investigación de la calidad del aire**

- Realizar un estudio sobre un modelo conceptual de la formación química del ozono y los oxidantes fotoquímicos en la atmósfera de la ZMVM.
- Realizar un estudio sobre un modelo conceptual de la formación química de partículas secundarias finas en la atmósfera de la ZMVM.
- Llevar a cabo campañas de medición y de especiación química de las partículas de la ZMVM y aplicar modelos de atribución para identificar sus orígenes de emisión.
- Determinar las características y extensión de la cuenca atmosférica del Valle de México.
- Realizar estudios de investigación de la contaminación y sus efectos en la salud de la población de la ZMVM para los contaminantes criterio gaseosos, las partículas finas y los compuestos químicos tóxicos.
- Elaborar un estudio para evaluar los beneficios en la salud de la población, debido al mejoramiento gradual de la calidad del aire de la ZMVM en la última década.

### **Monitoreo atmosférico**

- Implementar un sistema de pantallas informativas en la ZMVM para difundir permanentemente el IMECA horario y otras recomendaciones de protección de la salud ante la contaminación.
- Instrumentar un sistema de pronóstico de calidad del aire para el ozono. Se busca contar complementariamente con un método de pronóstico con base en los datos históricos del SIMAT y el empleo de técnicas estadísticas sofisticadas, que permita tener un grado de



incertidumbre menor para desencadenar preventivamente medidas como el Doble Hoy No Circula y el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, o la disminución de actividades industriales en giros específicos, por mencionar algunas.

- Determinar de manera continua los niveles de ruido en sitios de la ZMVM. A fin de poder proponer y evaluar medidas de mitigación del ruido es necesario comenzar a medir esta variable en tiempo real. Con la adquisición de equipo especializado, la infraestructura con que cuenta el SIMAT puede emplearse para este fin.
- Determinar para cada parámetro contaminante que se registra en el SIMAT una subred de monitores que mantenga la representatividad espacial y temporal de la red original, que elimine la redundancia existente en algunas mediciones, lo cual provoca actualmente un incremento en el costo de operación.
- Ampliar la cobertura espacial del SIMAT con el fin de proporcionar información de calidad del aire a la población que carece de la misma debido al crecimiento de la zona metropolitana, principalmente en los municipios conurbados al Distrito Federal.
- Es necesario iniciar con el monitoreo permanente y sistemático de contaminantes tóxicos; para ello actualmente se están adquiriendo algunos equipos para que el SIMAT inicie con este monitoreo, con el fin de evaluar algunas tecnologías de medición.
- Completar el equipamiento del Laboratorio de Análisis del SIMAT para llevar a cabo los análisis químicos en las muestras de la red de depósito húmedo (lluvia ácida).

### **Normatividad de calidad del aire**

- Promover la actualización de la norma de monóxido de carbono con un límite de exposición más estricto.
- Evaluar y en su caso proponer eliminar de la Norma Oficial Mexicana de partículas suspendidas, el valor promedio para 24 horas para PST y PM<sub>10</sub>, tal como se hizo en algunos países.
- Desarrollar normas ambientales para protección a la salud de contaminantes tóxicos como el Benceno, Tolueno y otros compuestos que se identifiquen con el estudio de monitoreo de COV.

- Elaborar normas o criterios de valores horarios de SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, con el fin de mejorar la comunicación de los niveles de contaminación en el momento que se producen.

### **Inventario de emisiones**

- La actualización bianual de los inventarios de emisiones es necesaria para mantener vigente el conocimiento del origen y las causas que ocasionan las variaciones en los niveles de contaminación del aire. Los datos actualizados servirán para seguir implementando e impulsando medidas de mitigación con el mejor costo-beneficio y para evaluar la reducción de emisiones producto de la instrumentación de los programas de mejoramiento de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México.
- Validar el Inventario de Emisiones de Contaminantes Tóxicos 2004. Debido a que éste es el primer inventario elaborado para estos contaminantes en la ZMVM, se recomienda primeramente validarlo con los resultados que se obtengan de las mediciones atmosféricas de los tóxicos que está determinando la RAMA y el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) y con otros resultados de investigaciones de campo que se hayan realizado recientemente en la Zona Metropolitana del Valle de México (MCC 2003, Milagro 2006, etc.).
- Seguir desarrollando factores de emisión locales para reducir el grado de incertidumbre de las estimaciones de los inventarios de emisiones. Tener factores de emisión medidos y desarrollados en la ZMVM para todas las actividades muy significativas incluidas en el inventario de emisiones; por su importancia en la contribución a las emisiones totales es recomendable actualizar los de fuentes móviles y los de combustión en el sector industrial.

### **Modelación de la calidad del aire**

- Mantener operativo el modelo Flexpart como herramienta para determinar las posibles fuentes emisoras que ocasionan concentraciones elevadas de SO<sub>2</sub> en la Zona Metropolitana del Valle de México y hacer un seguimiento de eventos que pueden tener su origen en la región de Tula-Vito-Asasco.
- Continuar realizando simulaciones con el modelo MCCM, de las medidas de control de emisiones para analizar el efecto de las mismas en las concentraciones de ozono y partículas.



- Fortalecer la evaluación de la gestión de la calidad del aire mediante la utilización de nuevos modelos numéricos de dispersión entre los que se encuentran el modelo meteorológico Weather Research and Forecasting (WRF), para fortalecer el pronóstico numérico meteorológico. El modelo fotoquímico CAMx, y el WRF/Chem han mostrado internacionalmente ser una herramienta muy útil en la modelación de contaminantes como ozono y aerosoles. El ISC-Aermod-View es un modelo que permite realizar una estimación rápida del impacto de las emisiones por fuentes puntuales, de volumen y de área, por lo cual complementaría y reforzaría el actual trabajo desarrollado con Flexpart y MCCM.
- Actualizar las bases de datos de modelación mediante la incorporación de información experimental proveniente de los estudios atmosféricos recientes en la ZMVM (MCMA 2003, Milagro 2006, etc).

## FUENTES DE INFORMACIÓN

### *Directrices*

CAM (Comisión Ambiental Metropolitana), SMA-GDF (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, SEGEM (Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México), SSA (Secretaría de Salud) y SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2002-2010. México.

Dirección General de Gestión Ambiental del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2001. Agenda de Trabajo 2001-2006. México. D.F.

Molina, M.J., Molina, L.T., 2000. Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Cambridge, MA, U.S.A.

MIT, 2004. Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Segunda Fase.

SMA, 2002. Programa de Protección Ambiental del Distrito Federal 2002-2006. México, D.F.

### *Consulta*

Barzelay, M., 1998. Atravesando la Burocracia. Una Nueva Perspectiva de la Administración Pública. FCE, México.

CAM, 2002. Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. México.

Centro Mario Molina, 2006. Proyecto Elaboración de Políticas y Estrategias para la Comunicación Orientadas al Mejoramiento de la Calidad del Aire en la ZMVM. (Segundo informe parcial), México.

Dirección General de Gestión Ambiental del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2004. Programa de Reducción de Emisiones a la Atmósfera en la Industria. México, D.F.



Enciso, J., 1953. Design Motifs of Ancient Mexico. Amazon, CA, U.S.A.

Ferro, A., Rodríguez, D., Sessano, P., Anaya, E., 1999. Gestión Ambiental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. INAP, México.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2000. Ley Ambiental del Distrito Federal.

Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2003. Reglamento Interior de la APDF Art. 54.

Gilbert, O., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Ed. Van Nostrand Reinhold, pp. 204–329.

GDF, 2006. Primer Informe Trimestral de Labores 2006 o Respuesta a las Siete Grandes Mentiras sobre la Ciudad de México. Alejandro Encinas Jefe del Gobierno del D.F. México, D.F.

GDF, 2005. Diagnóstico Ambiental de los Establecimientos Manufactureros, Comerciales y de Servicios Ubicados en el Distrito Federal. México, D.F.

INE-SEMARNAP, 2000. Gestión de la Calidad del Aire en México. Logros y Retos para el Desarrollo Sustentable 1995-2000. México.

INEGI, 2004. Establecimientos del Sector Manufacturero en las Entidades del Centro. Censos Económicos 2004. México.

[http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/censos/ce2004/cuadros/DF\\_GEN01.XLS](http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/censos/ce2004/cuadros/DF_GEN01.XLS) (junio, 2006).

INEGI, 2006. Características Principales de las Unidades Económicas Manufactureras, Según Entidad Federativa y Rama de Actividad. México.

Molina, L. T. y Molina, M. J., 2004. Resumen Ejecutivo Segunda Fase Diseño y Preparación de Mecanismos de Ejecución para las Estrategias de Mejoramiento de Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México.

Molina, J. M., 2000. Las Fuerzas Rectoras de la Contaminación del Aire en la Ciudad de México, Proyecto para el Diseño de una Estrategia Integral de Gestión de la Calidad del Aire en el Valle de México 2001-2010. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA, U.S.A.

Molina, L. T. y Molina, M. J., 2002. Air Quality in the Mexico Megacity, an Integrated Assessment. Kluwer Academic Publishers. 383 p. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA, U.S.A.

National Research Council, 2004. Air Quality Management in The United States of America.

Secretaría de Salud, 2005. NOM-025-SSA1-1993. Norma Oficial Mexicana, Salud Ambiental. México.

OCDE, 2003. Conclusiones y Recomendaciones de la OCDE Respecto al Desempeño de la Gestión Ambiental de México en Materia de Agua, Aire, Suelos y Residuos. <http://www.oecd.org>.

Pardo, María del Carmen (comp), 2004. Administración Pública y Gobernanza. Colegio de México. México.

PNUMA, 2003. Perspectivas del Medio Ambiente. Centro de Investigaciones en Geografía y Geomática "Ing. Jorge Tamayo" A.C., Centro-GEO. México.

Retama, H. A., 2006. Aseguramiento y Control de la Calidad en el Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México. "Foro de Monitoreo Atmosférico y Taller de Gestión Ambiental del Aire". México, D.F.

Secretaría de Energía, 2005. SENER. <http://www.energia.gob.mx/wb/>.

Secretaría del Medio Ambiente-GDF y Secretaría de Salud, 2001. Percepción Social de la Contaminación del Aire en la ZMCM. México.

Secretaría del Medio Ambiente-GDF, 2004. Cuarto Informe de Trabajo. México.

Secretaría del Medio Ambiente-GDF, 2005. Quinto Informe de Trabajo. México.

Secretaría del Medio Ambiente-GDF, 2005. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002. 162 p. México, D.F.

Secretaría del Medio Ambiente-GDF, 2006. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004. 152 p. México, D.F.



Secretaría del Medio Ambiente-GDF, 2006. <http://www.sma.df.gob.mx/simat/>.

Vega, R.E., Martínez, V.G., 2004. Estudio Integral de Partículas Atmosféricas en la Ciudad de México. Instituto Mexicano del Petróleo. México.

## **ANEXO 1. EXTRACTOS DE LA LEY AMBIENTAL DEL DISTRITO FEDERAL Y SU REGLAMENTO**

### **A1. Extracto de la Ley Ambiental del Distrito Federal**

#### **TÍTULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTÍCULO 1°** La presente Ley es de orden público e interés social y tiene por objeto:

V. Prevenir y controlar la contaminación del aire, agua y suelo en el Distrito Federal en aquellos casos que no sean competencia de la Federación;

**ARTÍCULO 3°** Se consideran de utilidad pública:

IV. La prevención y control de la contaminación ambiental del aire, agua y suelo, así como el cuidado, restauración y aprovechamiento de los elementos naturales y de los sitios necesarios para asegurar la conservación e incremento de la flora y fauna silvestres;

#### **TÍTULO SEGUNDO DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES**

**ARTÍCULO 9°** Corresponde a la Secretaría, además de las facultades que le confiere la ley orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, el ejercicio de las siguientes atribuciones:

XXVII. Ejercer todas aquellas acciones tendientes a la conservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la regulación, prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo que no sean de competencia federal;

XXXVIII. Establecer y actualizar el registro de emisiones y transferencia de contaminantes, así como el registro de las fuentes fijas de la competencia del Distrito Federal y el registro de descargas de aguas residuales que se viertan en los sistemas de drenaje y alcantarillado o a cuerpos receptores de la competencia del Distrito Federal.

La Secretaría debe integrar el registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales, y residuos de su competencia, así como de aquellas sustancias que determine la autoridad correspondiente, cuya información se integrará con los datos e información contenida en las autorizaciones, cédulas, informes, reportes, licencias, permisos, y concesiones en materia ambiental que se tramiten ante la Secretaría o autoridades competentes del Distrito Federal y sus demarcaciones territoriales.

Las personas físicas y morales responsables de fuentes contaminantes, están obligadas a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro, mismo que será integrado con datos desagregados por sustancia y fuente, anexa nombre y dirección de los establecimientos sujetos a registro.

La información registrada será pública y tendrá efectos declarativos. La Secretaría permitirá el acceso a dicha información en los términos de esta Ley y demás disposiciones jurídicas aplicables y la difundirá de manera preactiva.



**TÍTULO TERCERO**  
**DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SUSTENTABLE**  
**CAPÍTULO I**

**DE LOS PRINCIPIOS E INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA DE DESARROLLO SUSTENTABLE**

ARTÍCULO 18.- Para la formulación y conducción de la política ambiental y aplicación de los instrumentos previstos en esta Ley, las dependencias y entidades de la Administración Pública Local, así como, los particulares observarán los principios y lineamientos siguientes:

II. Las autoridades así como la sociedad, deben asumir en corresponsabilidad la protección del ambiente, así como la conservación, restauración y manejo de los ecosistemas y el mejoramiento de la calidad del aire, del agua y del suelo del Distrito Federal, con el fin de proteger la salud humana y elevar el nivel de vida de su población;

**CAPÍTULO XI**  
**INFORMACIÓN AMBIENTAL**

**ARTÍCULO 76.-** La Secretaría desarrollará un Sistema de Información Ambiental del Distrito Federal, en coordinación con el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, que tendrá por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental del Distrito Federal.

En dicho Sistema, se integrarán, entre otros aspectos, información de los mecanismos y resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del aire, del agua y del suelo; de las áreas naturales protegidas; del ordenamiento ecológico del territorio, así como la información relativa a emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales y residuos no peligrosos, y la correspondiente a los registros, programas y acciones que se realicen para la conservación del ambiente, protección ecológica y restauración del equilibrio ecológico.

**TÍTULO QUINTO**  
**DE LA PREVENCIÓN, CONTROL Y ACCIONES CONTRA LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**  
**CAPÍTULO I**

**DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTÍCULO 123.-** Todas Las personas están obligadas a cumplir con los requisitos y límites de emisiones contaminantes a la atmósfera, agua, suelo, subsuelo, redes de drenaje y alcantarillado y cuerpos receptores del Distrito Federal establecidos por las normas aplicables o las condiciones particulares de descarga que emita la Secretaría, así como a utilizar los equipos, dispositivos y sistemas de reducción de emisiones que determine dicha dependencia. Quedan comprendidos la generación de residuos sólidos, de contaminantes visuales y de la emisión de contaminantes de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica y olores, de acuerdo con las disposiciones jurídicas aplicables.

**CAPÍTULO II**  
**DE LAS ACCIONES CORRECTIVAS DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

**ARTÍCULO 126.-** Queda prohibido emitir o descargar contaminantes a la atmósfera, el agua y los suelos que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos, daños al ambiente o afecten la salud.

En todas las descargas de contaminantes a la atmósfera, al agua y los suelos, deberán ser observadas las previsiones de la Ley General, esta Ley, sus disposiciones reglamentarias, así

como las normas oficiales mexicanas y normas ambientales del Distrito Federal que al efecto se expidan.

**ARTÍCULO 127.-** La Secretaría, en los términos que señalen el reglamento de esta Ley, integrará y mantendrá actualizado, un inventario de emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales, materiales y residuos, el registro de emisiones y transferencia de contaminantes y coordinará la administración de los registros que establece la Ley y creará un sistema consolidado de información basado en las autorizaciones, licencias o permisos que en la materia se otorguen.

**ARTÍCULO 128.-** La Secretaría en coordinación con las autoridades federales y locales, establecerá un sistema de información relativo a los impactos en la salud provocados por la exposición a la contaminación del aire, agua y suelo.

### **CAPÍTULO III**

## **PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMÓSFERA**

### **SECCIÓN I**

#### **DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTÍCULO 130.-** Las disposiciones del presente capítulo son aplicables a las fuentes fijas y móviles de jurisdicción local.

**ARTÍCULO 131.-** Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

- I. Las políticas y programas de las autoridades ambientales deberán estar dirigidas a garantizar que la calidad del aire sea satisfactoria en el Distrito Federal; y
- II. Las emisiones de todo tipo de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes fijas o móviles, deben ser prevenidas, reguladas, reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para la salud y bienestar de la población y el mantenimiento del equilibrio ecológico.

**ARTÍCULO 132.-** Los criterios anteriores serán considerados en:

- I. La expedición de normas ambientales del Distrito Federal para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera;
- II. La ordenación, regulación y designación de áreas y zonas industriales, así como en la determinación de los usos de suelo que establezcan los programas de desarrollo urbano respectivos, particularmente en lo relativo a las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas para asegurar la adecuada dispersión de contaminantes;
- III. La clasificación de áreas o zonas atmosféricas, de acuerdo a su capacidad de asimilación o dilución, y la carga de contaminantes que estos puedan recibir; y
- IV. El otorgamiento de todo tipo de autorizaciones, licencias, registros o permisos para emitir contaminantes a la atmósfera.

**ARTÍCULO 134.-** Para prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera, las Delegaciones, tomarán las medidas necesarias en coordinación con la Secretaría.

### **SECCIÓN II**

#### **CONTROL DE EMISIONES PROVENIENTES DE FUENTES FIJAS**

**ARTÍCULO 135.-** Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción local que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá la Licencia Ambiental Única del Distrito Federal que expedirá la Secretaría a los interesados que demuestren cumplir con los requisitos y límites determinados en las normas correspondientes y cumplir además con las siguientes obligaciones:



- I. Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales locales correspondientes;
  - II. Integrar un inventario anual de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría;
  - III. Instalar plataformas y puertos de muestreo en chimeneas para realizar la medición de emisiones en campo, de acuerdo a lo establecido en las normas correspondientes;
  - IV. Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a ésta la información que se determine en el reglamento, a fin de demostrar que opera dentro de los límites permisibles;
  - V. Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de combustión, de proceso y de control;
  - VI. Dar aviso anticipado a la Secretaría del inicio de operación de sus procesos, en el caso de paros programados y de inmediato en el caso de que éstos sean circunstanciales, si ellos pueden provocar contaminación; y
  - VII. Dar aviso inmediato a la Secretaría en el caso de falla del equipo o sistema de control.
- La Secretaría, de conformidad con lo que establezca el reglamento de esta Ley, determinará los casos de fuentes fijas que por los niveles de emisión de contaminantes quedarán exentos del cumplimiento de las obligaciones a que se refiere este artículo.

**ARTÍCULO 138.-** En materia de prevención y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas, la Secretaría establecerá las medidas preventivas y correctivas para reducir las emisiones contaminantes; y promoverá ante los responsables de operación de las fuentes, la aplicación de nuevas tecnologías con el propósito de reducir sus emisiones a la atmósfera.

Los responsables de las fuentes fijas podrán solicitar su exención al Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, a través del formato que determine la Secretaría y que además demuestre cumplir con el marco normativo vigente y programas de contingencias correspondientes, así mismo podrán solicitarla todas las fuentes fijas que operen y apliquen tecnologías encaminadas a la reducción de sus emisiones a la atmósfera.

### SECCIÓN III

#### CONTROL DE EMISIONES PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES

**ARTÍCULO 139.-** La Secretaría podrá limitar la circulación de vehículos automotores en el Distrito Federal, incluyendo los que cuenten con placas expedidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por otras entidades federativas o por el extranjero, para prevenir y reducir las emisiones contaminantes, en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables.

**ARTÍCULO 140.-** Los propietarios o poseedores de vehículos automotores en circulación matriculados en el Distrito Federal, deberán someter sus unidades a la verificación de emisiones contaminantes, en los centros de verificación autorizados por la Secretaría dentro del periodo que le corresponda en los términos del programa de verificación vehicular obligatoria que al efecto se expida y, en su caso, reparar los sistemas de emisión de contaminantes y sustituir los equipos y dispositivos que no funcionen adecuadamente, en los términos que determine el Programa de Verificación correspondiente.

**ARTÍCULO 141.-** El propietario o poseedor del vehículo deberá pagar al centro de verificación respectivo, la tarifa autorizada por la Secretaría en los términos del programa de verificación vehicular obligatoria para el Distrito Federal.

**ARTÍCULO 142.-** El propietario o poseedor de un vehículo que no haya realizado la verificación dentro del periodo que le corresponda, de acuerdo al calendario establecido en el programa de verificación vehicular obligatoria que al efecto se expida, podrá trasladarse en un término de treinta

días únicamente a un taller mecánico o a un Centro de Verificación, previo pago de la multa correspondiente, independientemente de la multa que establezca el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal.

En caso que no se apruebe la verificación dentro del plazo señalado, o si durante el mismo el vehículo circula hacia un lugar distinto al taller o al Centro de Verificación, se duplicará la multa, una vez pagada, contará con un nuevo plazo de treinta días naturales a partir de su imposición para agredir dicho cumplimiento. De no presentarse éste dentro del plazo citado se duplicará la segunda multa señalada.

**ARTÍCULO 143.-** Si los vehículos en circulación rebasan los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes fijados por las normas correspondientes, serán retirados de la misma por la autoridad competente, hasta que acredite su cumplimiento.

**ARTÍCULO 144.-** El propietario o poseedor del vehículo que incumpla con las normas oficiales mexicanas o las normas ambientales del Distrito Federal de acuerdo con el artículo anterior, tendrá un plazo de treinta días naturales para hacer las reparaciones necesarias y presentarlo a una nueva verificación. El vehículo podrá circular en ese período sólo para ser conducido al taller mecánico o ante el verificador ambiental.

**ARTÍCULO 145.-** La Secretaría podrá otorgar permisos, autorizaciones y acreditaciones a fabricantes, distribuidores, importadores y talleres, para el servicio de diagnóstico, reparación, comercialización e instalación de dispositivos y equipos de reducción de emisiones contaminantes y de sistemas de gas, conforme a las convocatorias que al efecto emita, en las que se incluyan las condiciones y características a que deba sujetarse su actividad.

**ARTÍCULO 146.-** Los vehículos que transporten en el Distrito Federal materiales o residuos peligrosos, deberán cumplir con los requisitos y condiciones establecidos en esta Ley y las demás disposiciones aplicables.

**ARTÍCULO 147.-** Los vehículos matriculados en el Distrito Federal, así como de servicio público de transporte de pasajeros o carga que requieran de sistemas, dispositivos y equipos para prevenir o minimizar sus emisiones contaminantes, lo harán conforme a las características o especificaciones que determine la Secretaría.

**ARTÍCULO 148.-** La Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Transporte y Vialidad, deberá publicar en la Gaceta Oficial las determinaciones referidas en el artículo anterior. Los conductores y los propietarios de los vehículos serán solidariamente responsables del cumplimiento de lo establecido en el párrafo anterior.

**ARTÍCULO 149.-** Para prevenir y reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera, la Secretaría promoverá ante las autoridades competentes, programas de ordenamiento vial y de agilización del tránsito vehicular.

## CAPÍTULO VI

### DE LAS CONTINGENCIAS AMBIENTALES

**ARTÍCULO 182.-** La Secretaría emitirá Programas de Contingencia Ambiental en los que se establecerán las condiciones ante las cuales es procedente la determinación de estado de contingencia, así como las medidas aplicables para hacerles frente.

**ARTÍCULO 183.-** Las autoridades competentes declararán contingencia ambiental cuando se presente una concentración de contaminantes o un riesgo ambiental, derivado de actividades humanas o fenómenos naturales, que puedan afectar la salud de la población o al ambiente de acuerdo con las normas ambientales y elementos técnicos aplicables.



**ARTÍCULO 184.-** La declaratoria y las medidas que se aplicarán deberán darse a conocer a través de los medios de comunicación masiva y de los instrumentos que se establezcan para tal efecto. Dichas medidas entrarán en vigor y se instrumentarán en los términos que se precisen en el Reglamento de esta Ley y en los respectivos Programas de Contingencia Ambiental.

**ARTÍCULO 185.-** Los Programas de Contingencia Ambiental establecerán las condiciones bajo las cuales permanecerán vigentes las medidas y los términos en que podrán prorrogarse, así como las condiciones y supuestos de exención.

**ARTÍCULO 186.-** En situación de contingencia ambiental, los responsables de fuentes de contaminación estarán obligados a cumplir con las medidas de prevención y control establecidas en los programas de contingencia correspondientes.

## **A2. Extracto del Reglamento de la Ley Ambiental del Distrito Federal**

**Artículo 14.-** El sistema permanente de información y vigilancia ambiental que establezca la Secretaría para el público, tendrá por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información ecológica relevante del Distrito Federal, relativa a los recursos naturales, los instrumentos de política ambiental, las emisiones y niveles de contaminantes, así como al sistema de información de impacto ambiental.

**Artículo 50.-** En las áreas naturales protegidas queda prohibido:

...

**IV.-** Las emisiones contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, así como el depósito o disposición de residuos;

**Artículo 53.-** En el Distrito Federal queda prohibido, en los términos de la Ley, este Reglamento, las normas oficiales y las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables:

**I.-** Quemar, depositar, descargar o infiltrar al aire libre materiales o residuos. Para los efectos de este artículo se considera que la quema o el depósito se lleva a cabo al aire libre si se realiza fuera de las instalaciones diseñadas para ello, sin los equipos requeridos para prevenir y controlar las emisiones contaminantes respectivas y, en caso de quema, sin canalizarse a través de ductos o chimeneas de descarga;

**II.-** Diluir las emisiones de las fuentes fijas o móviles para disminuir su verdadera concentración de contaminantes;

**Artículo 55.-** En los términos de las normas oficiales, los propietarios o poseedores de fuentes fijas industriales están obligados a que las emisiones contaminantes a la atmósfera generadas por los equipos de combustión de sus procesos productivos se descarguen a través de chimeneas o ductos provistos de plataformas o puertos de muestreo.

**Artículo 75.-** Para los efectos del artículo 106 de la Ley, en caso de que las normas oficiales no determinen la periodicidad en la que deba presentarse el inventario de emisiones, éste se deberá presentar en el mes de febrero de cada año.

**Artículo 78.-** La limitación a la circulación de los vehículos establecida en el artículo 116 de la Ley, será aplicable de las cinco a las veintidós horas, con base al último dígito de sus placas, color de engomado y al tipo de calcomanía según sus niveles de emisiones contaminantes, en los términos que determine el Jefe de Gobierno del Distrito Federal mediante el acuerdo publicado con tal fin en la Gaceta Oficial.

## PARTICIPANTES

Deseamos expresar un especial agradecimiento al Dr. Miguel Angel Gil Corrales, por su notable aportación en la elaboración de este documento.

Personas que integran la Dirección General de Gestión Ambiental del Aire:

|                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Acevedo Ortíz Pablo                  | Fuentes Vázquez Héctor Tomás       |
| Agatón Centellano María Félix        | Galicia Zepeda Arturo              |
| Alarcón Acosta María Isabel          | Gallegos Revuelta Julio            |
| Alfonso Soler Alfredo                | Gálvez Hernández César Fausto      |
| Alvarado Rodríguez Jesús Alberto     | Galván Zacarías Antonio            |
| Amador Calderón Raúl Jesús           | Gaona de la Torre Armando          |
| Ángeles López Felipe                 | Gaona Díaz Ramón                   |
| Arce Rosas Enrique                   | García Calderón María Elena        |
| Argueta Rodríguez Julio César        | García Hernández Silvia Patricia   |
| Argueta Torres María Lucina          | García Romero Luis Héctor          |
| Armenta Martínez María Magdalena     | Goicoechea Salinas Juan            |
| Arriaga Ortíz Norma Leticia          | Gómez Enríquez Nancy               |
| Atzin Olmedo Yolanda                 | Gómez Flores Yadira                |
| Ávalos Torres José                   | Gómez Villamil Julián Roger        |
| Barrera Hernández Cecilia            | González Fernández Alma Rosa       |
| Barrientos Contreras Margarita       | González González Rodolfo          |
| Bautista Vargas María Gabriela       | González Hernández Yolanda         |
| Bazan Martínez Claudia Areli         | González Martínez Armando          |
| Bermúdez Alvarado Alfredo            | González Mora María de Lourdes     |
| Bermúdez Colombón Violeta Montserrat | González Romero Brenda Elizabeth   |
| Bobadilla Varela Valerio Mario       | Granados Gutiérrez María Guadalupe |
| Breton Mejía Jorge Alberto           | Gutiérrez Chávez José Antonio      |
| Briseño Bonilla Edgar Alejandro      | Gutiérrez Gómez Norma Angélica     |
| Camacho Rodríguez Patricia           | Hernández Calápiz Rodrigo Ulises   |
| Campos Díaz Alejandro                | Hernández Escalona Claudia Miriam  |
| Campos Díaz Juan Manuel              | Hernández Hernández Marco Gabriel  |
| Cancino Rivera Marco Antonio         | Hernández Mancera Luis             |
| Carmona Martir María del Rocío       | Hernández Mote Mauricio            |
| Casillas Ibarra María Guadalupe      | Hernández Ortega Francisco         |
| Ceron Berber Martha Patricia         | Hernández Ramírez Fredy            |
| Cervantes Garduño Salvador           | Hernández Villaseñor Sergio Zirath |
| Colunga Enríquez José Mercedes       | Holguín Pacheco María Gabriela     |
| Consejo Valenzuela Erick             | Huerta Salzar Jorge Antonio        |
| Cornejo Martínez Jorge               | Ibarra Ayala José Luis             |
| Corona Cadena Evangelina             | Ibarra Martínez María Teresa       |
| De la Cruz Domingo Claudia           | Jaimes Palomera Mónica del Carmen  |
| Delgadillo Gómez José Fernando       | Jiménez Olivero Rogelio            |
| Domínguez Ochoa Jorge Juan           | Jiménez Ortega Bertha              |
| Durán Echevarría Francisco           | Juárez Hernández Raymundo          |
| Elias Castro José Gabriel            | Juárez Rodríguez María Virginia    |
| Enciso Ibarra Juan Carlos            | Landa Montano Juan                 |
| Escobar Cervantes Ana Laura          | Lara García Fernando               |
| Ferreira Guzmán Israel               | Lara García Elizabeth              |
| Flores Enríquez Javier               | Lazcano Sánchez Edith              |
| Flores Rivera Francisco Gerardo      | León Cervantes Daniel              |
| Flores Román Miguel Ángel            | López Álvarez Norma Bernardina     |
| Frías Rivera Alfredo                 | López Arredondo Eugenio Rafael     |



López Granados Ma. Guadalupe  
López Medina Alfonso  
López Romero Lilia Josefina  
López Venegas Gerardo Samuel  
Loretto Carmona Xóchitl  
Loya Moreno Ivalu  
Macías Hernández Santa Teresita Paloma  
Martínez Aquino Serafín  
Martínez Cejudo Salústio Jaime  
Martínez Cruz Idalio  
Martínez Hernández Beatriz  
Martínez Sosa María de Lourdes  
Maya Rojas María Dolores  
Mejía Cabrera Monserrat Marisol  
Mejía García José Antonio  
Mejía González Heriberto  
Méndez Becerril Carolina  
Méndez Hernández Julío César  
Mendoza Arreola María de Lourdes  
Mendoza Núñez María Cristina  
Mendoza Pelcastre María del Carmen  
Mendoza Pelcastre Saira  
Mendoza Rodríguez María Teresa Gabriela  
Mercado Hernández Sara Reynalda  
Miguel Muñoz Alejandro  
Moncayo Fernández Heriberto  
Montoya Sánchez Virginia  
Morales Niño Marco Antonio  
Moreno Llamas Martha Eugenia  
Muñoz Cruz Roberto  
Ocampo Rangel Jorge  
Ocampo Trejo Laura Edith  
Ocampo Trejo Nora Ofelia  
Ortega Reza Raquel Yareny  
Ortíz Anaya Leopoldo Joel  
Ortíz Díaz Roxana Lorena  
Ortuño Mojica Cristina  
Palma Rodríguez Gloria Samantha  
Páramo Figueroa J. Víctor Hugo  
Parra Romero David Alejandro  
Pastor García Mariana  
Peña Aguirre Blanca Estela  
Peralta Salazar Jorge  
Pérez Gallardo Ramírez Elvia Alicia  
Pérez Hernández Ricardo Alberto  
Pérez Márquez Sergio  
Pérez Nuñez Vicente  
Pérez Sesma Arturo  
Perrusquía Máximo Rodrigo  
Piedras Camacho Edgar Armando  
Pineda Escamilla Manuel Antonio  
Preciado Martínez Eduardo  
Ramírez Tecla Adriana  
Ramos Casillas Laura Elizabeth  
Ramos Rodríguez Guadalupe Graciela  
Ramos Villegas Rafael  
Rangel Fernández María Zenaida  
Retama Hernández Armando  
Ríos Mejía Alejandro  
Ríos Mejía Norma Rebeca  
Rivera Arenas Anabel  
Rivera Hernández Olivia  
Rodríguez Granados Fabiola  
Rodríguez Rivera Guadalupe  
Rodríguez Rivera Saúl  
Rojas Ruíz Edgar  
Román Utrera Emiliano  
Rosales López Felipe Policarpo  
Roura Romero Teresa  
Ruíz Ramírez María Cristina  
Sagú González José Luis  
Salinas Cruz  
Sánchez González María Esther  
Sánchez Martínez Ángel Cesar  
Sánchez Rodríguez José Jesús Miguel  
Santamaría González Guadalupe del Carmen  
Sarmiento Rentería Jorge  
Selley Rojas César Jerónimo  
Serrano Vásquez Francisco Javier  
Servin Castillo Marco Antonio  
Silva Hernández Antonio  
Silva Salgado Juan Carlos  
Sión Centeno Rosa Miriam  
Suastegui Nolasco José Martin  
Tavera Hernández Martha  
Torres Baños Héctor Jesús  
Torres Morán Jorge  
Torres Oyarzabal Antonio  
Valdez Espinosa Víctor Octavio  
Valdez Toriz José Antonio  
Valencia Castrejon Juan  
Valle Solórzano Miguel Ángel  
Valverde Rosas Pilar  
Vargas Navidad Vicente Nemesio  
Veja Bernal Fernando Alonso  
Zamora Morales Jesús  
Zamudio Delgado Ignacio Guadalupe  
Zetina Colunga Ariadna Leticia



### MOSAICO DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE OZONO EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO (1986-2006)

