Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas.

Fase IV: medición de emisiones en cinco ciudades y análisis de resultados globales

Informe final

Centro de Transporte Sustentable de México A.C.

Elaboró el reporte:

M. en C. Hilda Martínez Salgado

Gerente de Calida del Aire y Cambio Climático

Contrato No. INE/ADE-037/2010

27 de Octubre de 2011

REPORTE FINAL

Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas. Fase IV: medición de emisiones en cinco ciudades y análisis de resultados globales.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CENICA	Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental
CO	Monóxido de carbono
CO_2	Dióxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
CTS	Centro de Transporte Sustentable de México
DICA	Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire
DGICUR	Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional
DOF	Diario Oficial de la Federación
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos)
Gas LP	Gas Licuado de Petróleo
HC	Hidrocarburos
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEM	Inventario Nacional de Emisiones de México
Km/h	Kilómetros por hora
Km/h/s	Kilómetros por hora sobre segundo
KRV	Kilómetros recorridos por vehículo
NO	Óxido nítrico
NOM	Norma Oficial Mexicana

NO_X	Óxidos de nitrógeno
NO_2	Bióxido de nitrógeno
O_3	Ozono
PM	Partículas suspendidas
PM_{10}	Partículas suspendidas con diámetro menores a 10 micras
ppm	Concentración en partes por millón
RSD	Remote Sensing Device (equipo de detección remota)
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SMAGDF	Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal
SO_2	Bióxido de azufre
SS	Secretaría de Salud
SUV	Sport Utility Vehicles (Vehículo utilitario)
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TSTES	The Sustainable Transport and Emissions Services Company
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
%v	Concentración volumétrica en porcentaje

ÍNDICE

Sección	No. Página
INDICE DE CUADROS	
RESUMEN EJECUTIVO	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. ANTECEDENTES	13
III. JUSTIFICACIÓN	15
IV. OBJETIVOS	17
IV.1 Objetivo general	17
IV.2 Objetivos específicos	17
V. RESULTADOS	18
5.1 Actividad y características de la flota vehicular	18
5.1.1 Recolección de información a través de la aplicación de encuestas	18
5.1.2 Parque vehicular "vivo" o en circulación	18
5.1.3 Composición de la flota por tipo de vehículo	20
5.1.4 Actividad de la flota vehicular	21
5.1.5 Composición de la flota vehicular por número de cilindros	21
5.1.6 Composición de la flota vehicular por su origen	22
5.2 Emisiones vehiculares	24
5.2.1 Recolección de información y depuración de las bases de datos	24
5.2.2 Procesamiento de la información	24
5.2.3 Estadística descriptiva de las emisiones	26
5.2.4 Potencia específica vehicular (VSP)	32

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org

VI. CONCLUSIONES 38

VII. BIBLIOGRAFÍA 40

ANEXO A. METODOLOGÍA 41

A.1 Actividad y características de la flota vehicular 41

A.1.1 Selección de los sitios de muestreo 41

A.1.2 Recopilación de información de campo 42

A.2 Emisiones vehiculares 42

A.1.1 Equipo utilizado y su calibración 44

A.1.2 Selección de los sitios de muestreo 47

A.1.3 Periodo de muestreo 47

A.1.4 Captura de la información 48

A.1.5 Control de calidad de la captura de información 49

A.1.6 Procesamiento de la información 50

ANEXO B. FORMATO DE ENCUESTA 52

ANEXO C. SITIOS DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS POR CIUDAD 54

ANEXO D. SITIOS DE MONITOREO CON EQUIPO DE DETECCIÓN REMOTA POR CIUDAD 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Sección	No. Página
Figura 5.1 Parque vehicular en circulación en ciudades mexicanas	19
Figura 5.2 Índice de motorización en ciudades mexicanas	19
Figura 5.3 Distribución de la flota por tipo de vehículo en ciudades mexicanas	20
Figura 5.4 Actividad de la flota vehicular en ciudades mexicanas	22
Figura 5.5 Composición del parque vehicular por número de cilindros en ciudades mexicanas	22
Figura 5.6 Composición del parque vehicular por su origen en ciudades mexicanas	23
Figura 5.7 Procesamiento y validación de la información obtenida con el equipo de detección remota	25
Figura 5.8 Promedios de emisión de CO (%vol) de vehículos compactos y subcompactos de uso particular	26
Figura 5.9 Promedios de emisión de HC (ppm) de vehículos compactos y subcompactos de uso particular	27
Figura 5.10 Promedios de emisión de NO (ppm) de vehículos compactos y subcompactos de uso particular	28
Figura 5.11 Promedios de emisión de CO (%vol) de las SUV´s	29
Figura 5.12 Promedios de emisión de HC (ppm) de las SUV´s	29
Figura 5.13 Promedios de emisión de NO (ppm) de las SUV´s	30
Figura 5.14 Distribución de las mediciones por bin de VSP	33
Figura 5.15 Promedio de emisiones de CO (%vol) por bin de VSP	34
Figura 5.16 Promedio de emisiones de CO_2 (%vol) por bin del VSP	35
Figura 5.17 Promedio de emisiones de HC (ppm de propano) por bin del VSP	36

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org

Figura 5.18 Promedio de emisiones de NO (ppm) por bin del VSP 37

Figura A.1 Elementos del equipo de detección remota 47

ÍNDICE DE CUADROS

Sección	No. Página
Cuadro 5.1 Promedios de las emisiones de CO, HC y NO de las camionetas pick up	31
Cuadro 5.2 Promedios de las emisiones de CO, HC y NO de los taxis	32
Cuadro A.1 Métodos e información recopilada	42

RESUMEN EJECUTIVO

Los vehículos son una de las principales fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes atmosféricos precursores de la formación de ozono. Si bien estas emisiones son el resultado directo del uso de combustibles fósiles, como la gasolina y el diesel, existen otros factores determinantes en la cantidad de contaminantes que un vehículo automotor puede generar, como son la edad, la tecnología, el uso y el mantenimiento.

La información sobre las características de la flota vehicular nacional y sus emisiones es escaza, sólo en localidades que han implementado un programa de verificación vehicular o bien, que han realizado estudios de campo, se ha logrado obtener información sobre el desempeño ambiental de los automotores. Dicha información es básica para el diseño de estrategias de control de las emisiones y de renovación del parque vehicular.

En este sentido, el Instituto Nacional de Ecología comenzó en 2007 una serie de estudios para caracterizar las emisiones, los patrones de actividad y la composición de la flota vehicular de diferentes ciudades mexicanas que son representativas de las regiones norte, centro y sur del país. Para lo cual se usó el equipo de detección remota propiedad del INE y se aplicaron encuestas a conductores en gasolineras. El estudio terminó en 2011 con las ciudades del sur y sureste de México. En total se estudiaron 16 ciudades incluidas las zonas metropolitanas del país.

Los resultados muestran, en promedio, que las emisiones de los vehículos de 10 años o más de antigüedad son más altas que las de los vehículos más recientes: monóxido de carbono (CO), entre 3 y 4 veces; hidrocarburos totales (HC), entre 4 y 6 veces; y óxido nítrico (NO), hasta 3 veces más. Por otra parte, en las ciudades fronterizas circulan vehículos más grandes, de más antigüedad, un mayor porcentaje de procedencia extranjera. La motorización (vehículo/habitantes) también es mayor en las ciudades de la frontera norte con respecto a las del resto del país, principalmente por mayor disponibilidad de vehículos usados.

En este documento se presentan los resultados obtenidos de dichos estudios; en la primera parte se muestra un comparativo de la actividad y características de la flota vehicular de cada ciudad, y en la segunda se camparan las emisiones promedio de CO, CO_2, HC y NO del total de vehículos evaluados en cada localidad.

I. INTRODUCCIÓN

Los inventarios de emisiones son una herramienta fundamental para identificar la importancia relativa de las principales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera y, por lo tanto para diseñar estrategias de control. De acuerdo con el inventario nacional de emisiones de México - 1999 (INE, 2006), el transporte y los vehículos son la principal fuente antropogénica de emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV), sustancias precursoras de la formación de ozono. Asimismo, contribuyen de manera importante a la emisión de partículas suspendidas (PM) y monóxido de carbono (CO). Si bien estas emisiones son el resultado directo del uso de combustibles fósiles, como la gasolina y el diesel, existen otros factores determinantes en la cantidad de contaminantes que un vehículo automotor puede generar, como la edad, la tecnología, el uso y el mantenimiento del vehículo. Los vehículos en circulación de mayor edad, con un mantenimiento deficiente, sin tecnologías para el control de emisiones y de uso intensivo presentan mayores emisiones contaminantes a la atmósfera.

Para caracterizar las emisiones de los vehículos en circulación y evaluar la influencia de los factores anteriormente mencionados se pueden utilizar diversas metodologías. Una de ellas consiste en la medición de las emisiones utilizando equipos de *detección remota*. Este método permite obtener en poco tiempo datos de emisiones de miles de vehículos y fotografiar la placa de cada vehículo, lo que permite relacionarla con algunas de sus propiedades y con ello conocer el estado ambiental y características del parque vehicular en circulación.

Asimismo, para complementar la caracterización del parque vehicular, edad y distribución de la flota, tipos de vehículos, usos, kilómetros que se recorren, mantenimiento que reciben, etc. se realizan encuestas, conteo directo de vehículos en vialidades y análisis de bases de datos de los registros vehiculares oficiales. Las encuestas se aplican en lugares con gran afluencia vehicular (como estacionamientos, estaciones de servicio, casetas de cobro, etc.), para contar con una muestra representativa de la flota vehicular de la zona.

El Instituto Nacional de Ecología con el apoyo del Centro de Transporte Sustentable de México A.C. y de las autoridades estatales y municipales, durante 2007 y 2011 realizaron la medición de emisiones de los vehículos que circulan en Tijuana y Mexicali, Baja California; Matamoros y Reynosa, Tamaulipas; Nogales, Sonora; Morelia, Michoacán; en las zonas metropolitanas del Valle de México, de Monterrey, Guadalajara, Toluca, en Puebla, Puebla; León, Guanajuato; Veracruz, Veracruz; Oaxaca, Oaxaca; Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y Campeche, Campeche. Se usó el equipo de detección remota propiedad del INE, el cual permite conocer en poco tiempo las emisiones de monóxido de carbono, CO; óxido de nitrógeno, NO; hidrocarburos totales, HC; dióxido de carbono, CO_2; y opacidad de miles de vehículos.

En dichos estudios, se encontró que las emisiones de los vehículos de diez o más años de antigüedad son mucho mayores que las de los vehículos más recientes. Asimismo, se recopiló información importante (cantidad, tipo, antigüedad, uso y actividad) sobre los vehículos en circulación, que alimentarán el diseño de programas y políticas para reducir las emisiones de los vehículos, como los programas de verificación vehicular.

II. ANTECEDENTES

El parque vehicular que circula en ciudades mexicanas ha crecido a un ritmo acelerado en los últimos 30 años, el INEGI estima que en el año 1980 la flota vehicular de México ascendía a 5 millones de automotores y para el año 2010 aumentó a 32millones; el mayor crecimiento se dio entre el año 2000 y el 2010. El aumento de la flota vehicular obedece a varios factores como son: el aumento de la población, la tendencia a nivel mundial del uso del automóvil particular sobre el transporte público y a las facilidades que otorgan las agencias distribuidoras para adquirir un vehículo. Cabe resaltar, que las ciudades mexicanas de la frontera norte son las que presentan mayor cantidad de vehículos en relación con el número de habitantes, situación que se ha generado por la facilidad de importar vehículos usados de los Estados Unidos de América.

El problema de los vehículos en circulación es que se desconoce su desempeño ambiental, debido a que la mayor parte de los estados del país no cuenta con programas de verificación vehicular, ni se han realizado estudios para evaluar las emisiones de los automotores. La Zona Metropolitana del Valle de México es la única que ha generado información sobre emisiones vehiculares mediante el programa de verificación vehicular, que ya tiene más de 10 años en operación, y los inventarios de emisiones que se realizan de forma regular.

De acuerdo con el cuarto almanaque de tendencias de calidad del aire, los contaminantes más comunes del aire en las principales zonas urbanas de país son el ozono y el material particulado. Los vehículos en circulación son responsables de más del 90% de la emisión de monóxido de carbono (CO), y entre el 50 y el 80% de las emisiones antropogénicas de precursores de ozono (óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles).

En México, alrededor de 28 millones de personas están expuestas a contaminantes atmosféricos cuya toxicidad está ampliamente demostrada, por ejemplo, la exposición a óxidos de nitrógeno (NOx), ozono (O_3), bióxido de azufre (SO_2) y material particulado con diámetro menor de 10

micrómetros (PM_{10}) afectan las funciones respiratorias (Andersen, Z.J et al., 2010; Linares, B. et al., 2010), contribuye al desarrollo de cáncer de pulmón (Raaschou-Nielsen O. et al., 2011) y aumenta el riesgo de muerte (Kumar, R. et al., 2010; Michael Jerrett, Ph.D. et al., 2009). Las estadísticas de salud en México indican que las infecciones respiratorias agudas, el asma y estado asmático, y la conjuntivitis se encuentran dentro de los diez padecimientos más frecuentes entre la población (Secretaría de Salud, 2011). Según estimaciones de Mario Molina, con una población del tamaño de la Ciudad de México, una reducción de 10µg/m^3 en las concentraciones de PM10 puede reducir las muertes prematuras hasta en mil por año (Molina, L.T y Molina, M., 2002).

Derivado de los impactos negativos en salud y ante la escasa información sobre el desempeño ambiental de la flota vehicular en ciudades mexicanas, el INE diseñó el presente estudio, que comenzó en el 2007, con la finalidad de caracterizar la flota vehicular que circula en localidades representativas de cada región de México y evaluar sus emisiones contaminantes. En México se han llevado a cabo diversos estudios de emisiones y actividad vehiculares, utilizando equipo de detección remota y aplicación de encuestas, y los resultados han arrojado información sumamente valiosa como apoyo para la gestión ambiental. Por ejemplo, la información recolectada por este método en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) fue importante para el establecimiento de límites de emisión más estrictos para la verificación vehicular de autos ligeros a gasolina en circulación – incluidos en la norma oficial mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006.

Se espera que la información generada con este estudio sirva de sustento para el diseño de estrategias de control de las emisiones al aire provenientes de las fuentes móviles. Además, la información recopilada en campo también será de utilidad para el desarrollo y actualización de los inventarios de emisiones locales y el nacional, considerados piedras angulares para la gestión de la calidad del aire.

III. JUSTIFICACIÓN

La información sobre las emisiones y las características del parque vehicular que circula en las principales zonas del país es fundamental para que los gobiernos locales actúen en el ámbito de sus competencias para instrumentar medidas y programas que ayuden a mejorar la calidad del aire. Si bien existe información sobre las emisiones y las características de los vehículos nuevos – que puede obtenerse a través de las estadísticas de ventas de las compañías armadoras y distribuidoras – ésta es escasa para los vehículos en circulación. En general, los registros vehiculares son incompletos (en una ciudad pueden circular vehículos con placa de otra entidad), imprecisos (los vehículos que ya no circulan no son dados de baja del registro) o erróneos (la captura de los datos de los vehículos está sujeta a errores humanos) y la mayor parte de las ciudades no cuentan con programas de verificación vehicular, que al registrar los vehículos que se verifican va construyendo una base de datos de los vehículos en circulación, lo que ha permitido en las ciudades que cuentan con ellos proporcionar la información faltante y corroborar los datos del registro vehicular.

Por lo anterior, las autoridades locales no cuentan con información adecuada ni suficiente sobre su parque vehicular para poder establecer programas de verificación vehicular, indispensables para el cumplimiento de la NOM-041 establecida por la SEMARNAT. Esta situación es especialmente complicada en aquellas entidades con alta afluencia de vehículos usados de procedencia extranjera, no inscritos en el padrón vehicular local o que han sido regularizados y empadronados, pero cuyo desempeño ambiental se desconoce.

A pesar de los estudios que se han realizado para caracterizar las emisiones, composición y la actividad de los vehículos que circulan en ciudades mexicanas, principalmente del norte y centro, aún falta por estudiar ciudades medianas con problemas de calidad del aire y, principalmente, algunas ciudades del sur y sureste del país, que seguramente presentan un patrón de comportamiento en emisiones, composición y actividad, muy diferente. La inclusión de ciudades

del sur y sureste de México permitirá completar el panorama general de la situación ambiental actual en la que circulan los vehículos en México.

Las metodologías utilizadas para el diseño, recopilación, captura, depuración, y análisis estadístico de la información requieren de una serie de procedimientos, en donde uno de los componentes principales es el trabajo de campo, el cual está integrado básicamente por las siguientes actividades:

1) Uso del *equipo de detección remota* para la medición de emisiones de los contaminantes provenientes del escape de los vehículos en circulación. El uso y buen funcionamiento del equipo de detección remota depende de manera importante de las condiciones climáticas y meteorológicas prevalecientes, debido a que se pueden presentar interferencias en las mediciones teniendo lecturas espurias con temperaturas elevadas y en época de lluvia;

2) *Aplicación de encuestas* para obtener los datos de actividad y composición de la flota vehicular en cada una de las ciudades seleccionadas. Posteriormente, se realiza la captura y depuración de los datos, para más adelante llevar a cabo un análisis estadístico y elaborar un informe de resultados.

Los resultados de este estudio servirán como sustento técnico para la instrumentación de la estrategia para reducir los impactos en la calidad del aire asociados con las emisiones contaminantes provenientes de la circulación de vehículos automotores en México, que incluye el establecimiento de programas de verificación vehicular en diversas ciudades del país y la actualización de inventarios de emisiones locales y el nacional.

IV. OBJETIVOS

IV.1 Objetivo general

Caracterizar las emisiones y actividad de los vehículos automotores que circulan en cinco ciudades del país, para sustentar el desarrollo de programas de gestión de la calidad del aire y la actualización de los inventarios de emisiones locales y el nacional.

IV.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la emisión de contaminantes de vehículos en circulación, a través del uso de un equipo de detección remota.
- Caracterizar la composición y actividad de la flota vehicular, mediante el conteo directo de vehículos en vialidades y la aplicación de encuestas.

V. RESULTADOS

El análisis de resultados de la información obtenida se presenta en dos secciones: la primera con la información de actividad y características vehiculares recabada por medio de la aplicación de encuestas, conteo directo en vialidades y análisis de bases de datos; y la segunda, sobre la medición de emisiones vehiculares con el equipo de detección remota. En general, el trabajo de campo tuvo resultados satisfactorios, se logró la meta de recopilar información suficiente de emisiones y actividad vehicular para realizar un análisis estadístico robusto y obtener una alta confiabilidad en los resultados. LAS BASES DE DATOS CON LA INFORMACIÓN RECOPILADA EN CAMPO SE ANEXAN A ESTE INFORME EN FORMATO ELECTRÓNICO.

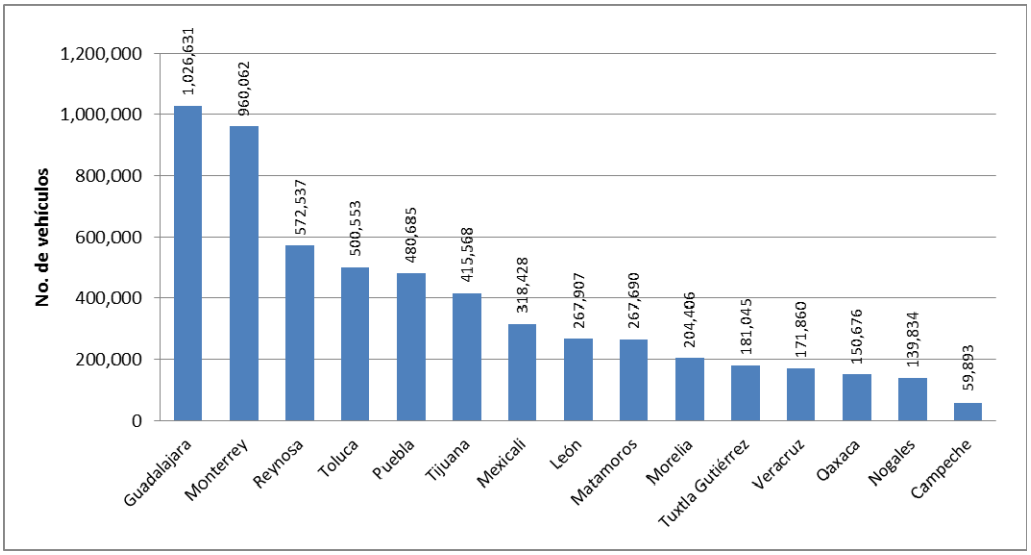
5.1 Actividad y características de la flota vehicular

5.1.1 Recolección de información a través de la aplicación de encuestas

La recopilación de la información de actividad y características de la flota vehicular en circulación se llevó a cabo en estaciones de servicio, localizadas lo más posible a los puntos de monitoreo de emisiones vehiculares con el equipo de detección remota. En promedio, se aplicaron 200 encuestas por día y en cada estación de servicio, para obtener un total de 1,000 encuestas por ciudad o zona metropolitana. También se realizaron conteos visuales de vehículos en vialidades principales de cada ciudad; los conteos se realizaron durante 20 minutos cada 2 horas, en un periodo de 8:00 a.m. a 17:00 p.m.

5.1.2 Parque vehicular “vivo” o en circulación

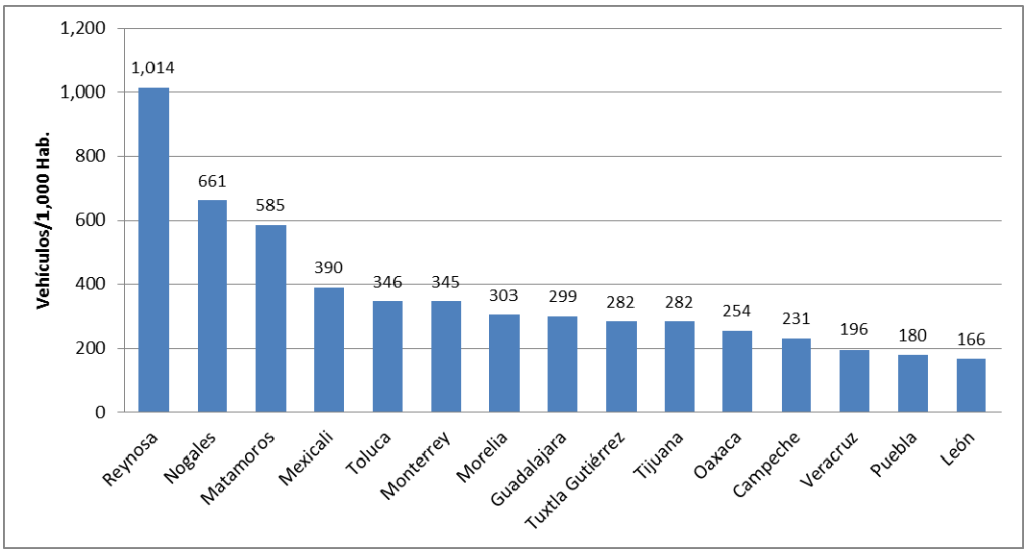
La estimación del parque vehicular “vivo o en circulación se obtuvo a través de la aplicación de encuestas y conteo directo de vehículos en vialidades principales. Como se menciona en la metodología, también se utilizó información de las ventas históricas de vehículos en cada ciudad de estudio e información de campo para obtener la tasa de “mortalidad” o salida de circulación de los vehículos.



Fuente: INE, 2011. Elaboración propia, con información de TSTES, 2007-2011.

Figura 5.1 Parque vehicular en circulación en ciudades mexicanas.

A partir de estos resultados y con información del número de habitantes por ciudad del Consejo Nacional de Población (CONAPO) e INEGI, se obtuvo el índice de motorización para cada ciudad. El índice de motorización relaciona la cantidad de vehículos que circula en un lugar de interés, con el número de habitantes.

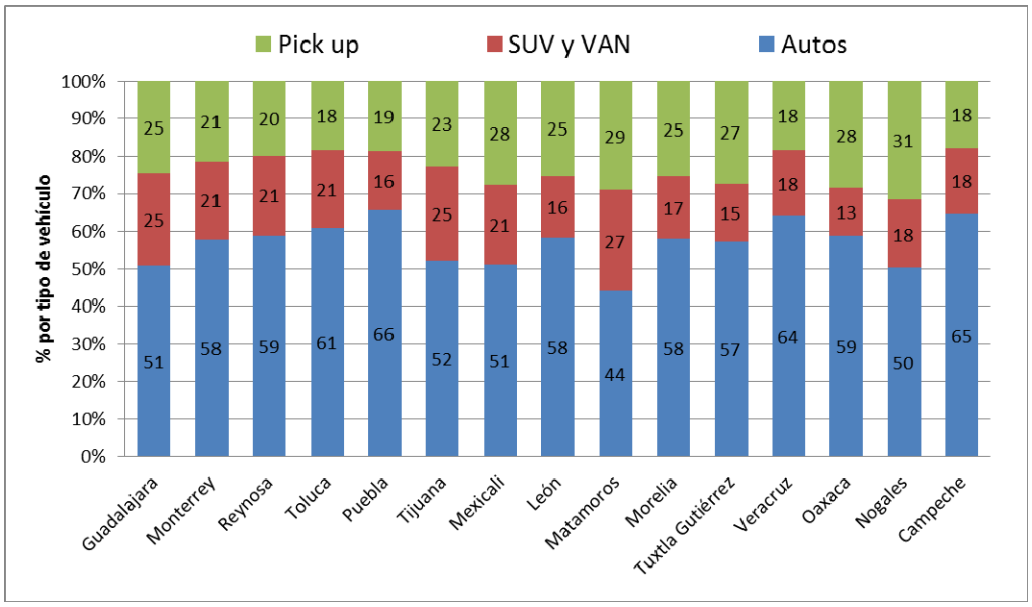


Fuente: INE, 2011. Elaboración propia, con información de TSTES, 2007-2011.

Figura 5.2 Índice de motorización en ciudades mexicanas.

5.1.3 Composición de la flota por tipo de vehículo

La composición de la flota vehicular proporciona información acerca del tipo de vehículos (de acuerdo a su carrocería) que circula una región; es decir, si son vehículos automotores compactos y subcompactos, SUV, VAN o pick up. Esta clasificación del parque vehicular es importante, debido a que cada tipo de vehículo tiene características técnicas particulares, como peso, sistema de control de emisiones, número de cilindros, cilindrada, tipo de combustible que utilizan, entre otros, los cuales influyen directamente en la cantidad y el tipo de contaminantes que emiten a la atmósfera.



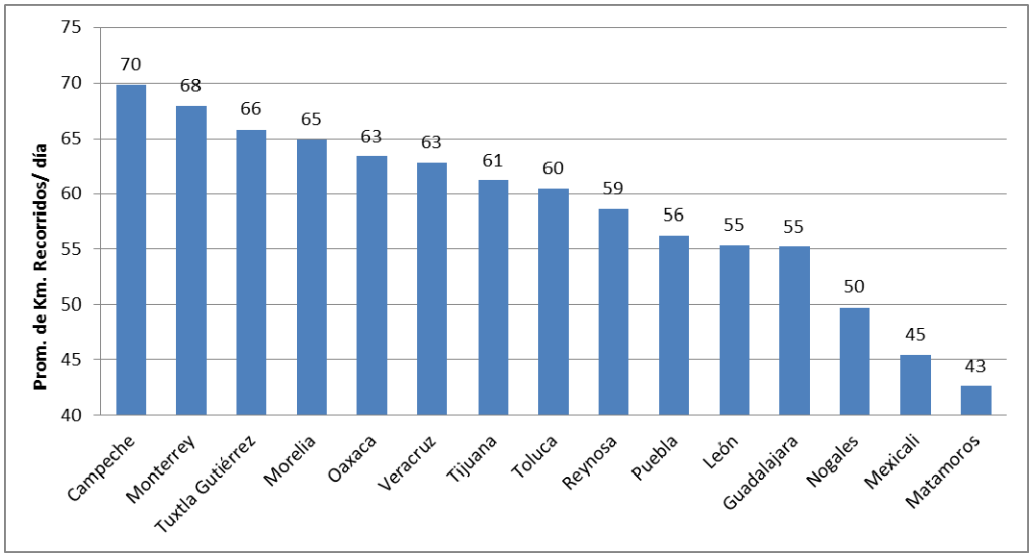
Fuente: INE, 2011. Elaboración propia, con información de TSTES, 2007-2011.

Figura 5.3 Distribución de la flota por tipo de vehículo en ciudades mexicanas.

Cabe mencionar que este análisis de composición de la flota vehiculare considera únicamente los vehículos ligeros, a los cuales está dirigido este estudio, por lo que la composición del parque por tipo de vehículos puede cambiar al incluir a los vehículos pesados.

5.1.4 Actividad de la flota vehicular

La actividad vehicular se refiere a la intensidad de uso de un vehículo, y está principalmente relacionada a la distancia recorrida en un cierto periodo de tiempo, generalmente expresada en kilómetros por día (km/día). En cuestión de emisiones vehiculares, la actividad determina en gran medida la cantidad de contaminante generado. Para obtener la información de la actividad vehicular en las diferentes ciudades estudiadas, se aplicaron encuestas a automovilistas, en donde, entre otros datos, se solicitó a los conductores la lectura del odómetro (km), el recorrido semanal (km) y el gasto monetario en consumo de combustible ($) por semana. Con el análisis de esta información, se obtuvieron los resultados de distancia recorrida por tipo de vehículo.



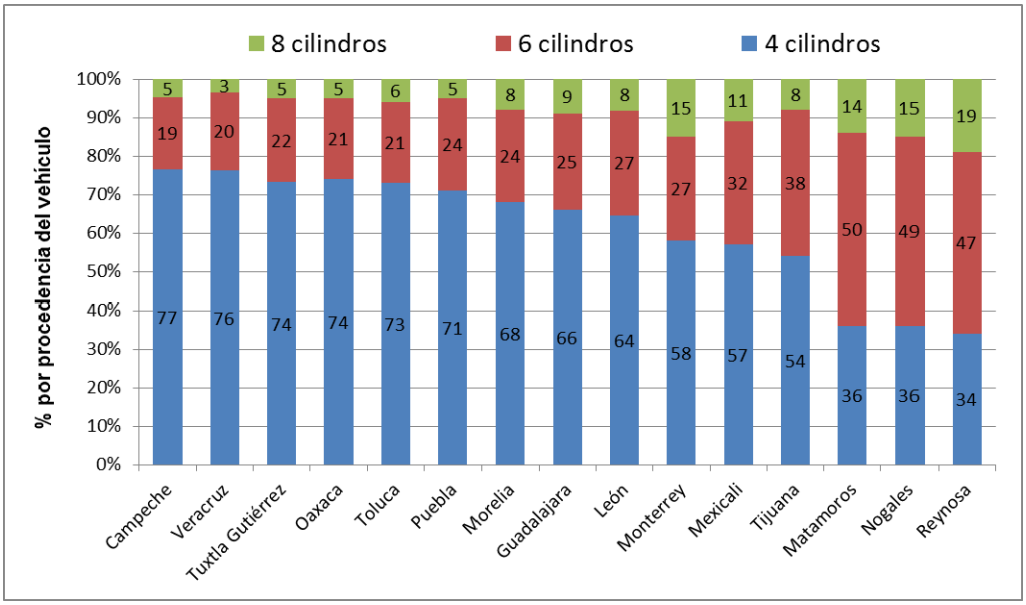
Fuente: INE, 2011. Elaboración propia, con información de TSTES, 2007-2011.

Figura 5.4 Actividad de la flota vehicular en ciudades mexicanas.

5.1.5 Composición de la flota vehicular por número de cilindros

El motor de un vehículo posee cilindros y dentro de ellos se encuentran los pistones que se desplazan en movimiento vertical para comprimir la mezcla, transmitir la presión de combustión, forzar la salida de los gases de combustión y producir un vacío en el cilindro. Por otra parte, la cilindrada se refiere al volumen geométrico ocupado por el conjunto de pistones en el motor de

un vehículo; una mayor cilindrada indica que un motor tiene más potencia que otro, pero también es más grande, más pesado y en consecuencia consume más combustible.



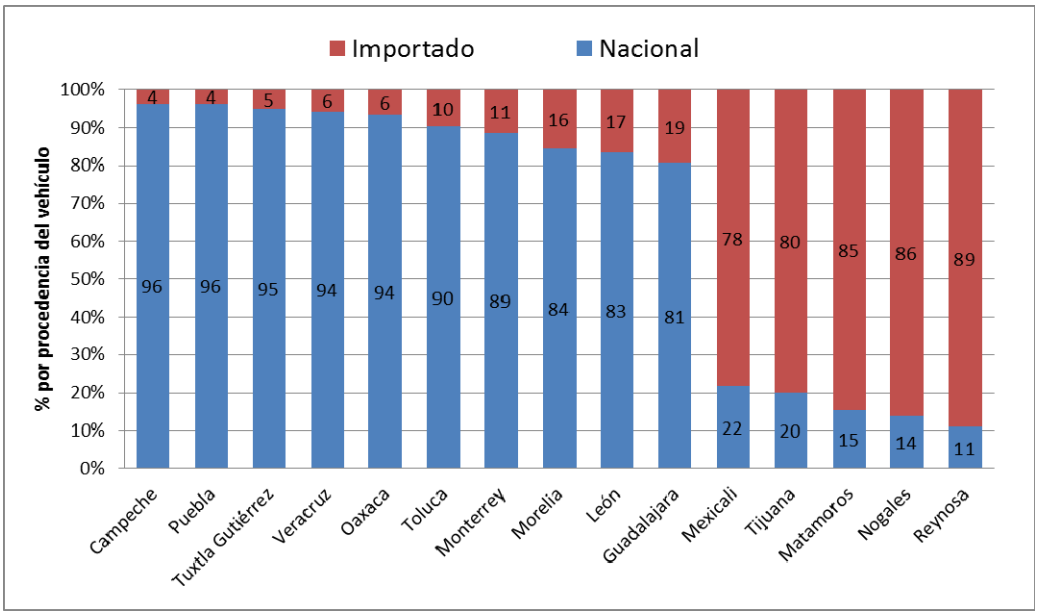
Fuente: INE, 2011. Elaboración propia, con información de TSTES, 2007-2011.

Figura 5.5 Composición del parque vehicular por número de cilindros en ciudades mexicanas.

5.1.6 Composición de la flota vehicular por su origen

La aplicación de encuestas también arrojó información sobre la procedencia de los vehículos en circulación. Es decir, sobre el porcentaje de la flota que corresponde a vehículos adquiridos como nuevos en México y qué cantidad fue adquirida como nueva en Estados Unidos. Como se observa en la figura 5.6, los vehículos que circulan en ciudades de mexicanas de la frontera norte tienen procedencia extranjera en un alto porcentaje, mientras que en ciudades del sur y sureste del país su la penetración de vehículos de origen extranjero aún no es tan importante como en ciudades del norte del país.

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org



Fuente: INE, 2011. Elaboración propia, con información de TSTES, 2007-2011.

Figura 5.6 Composición, por su origen, del parque vehicular que circula en ciudades mexicanas.

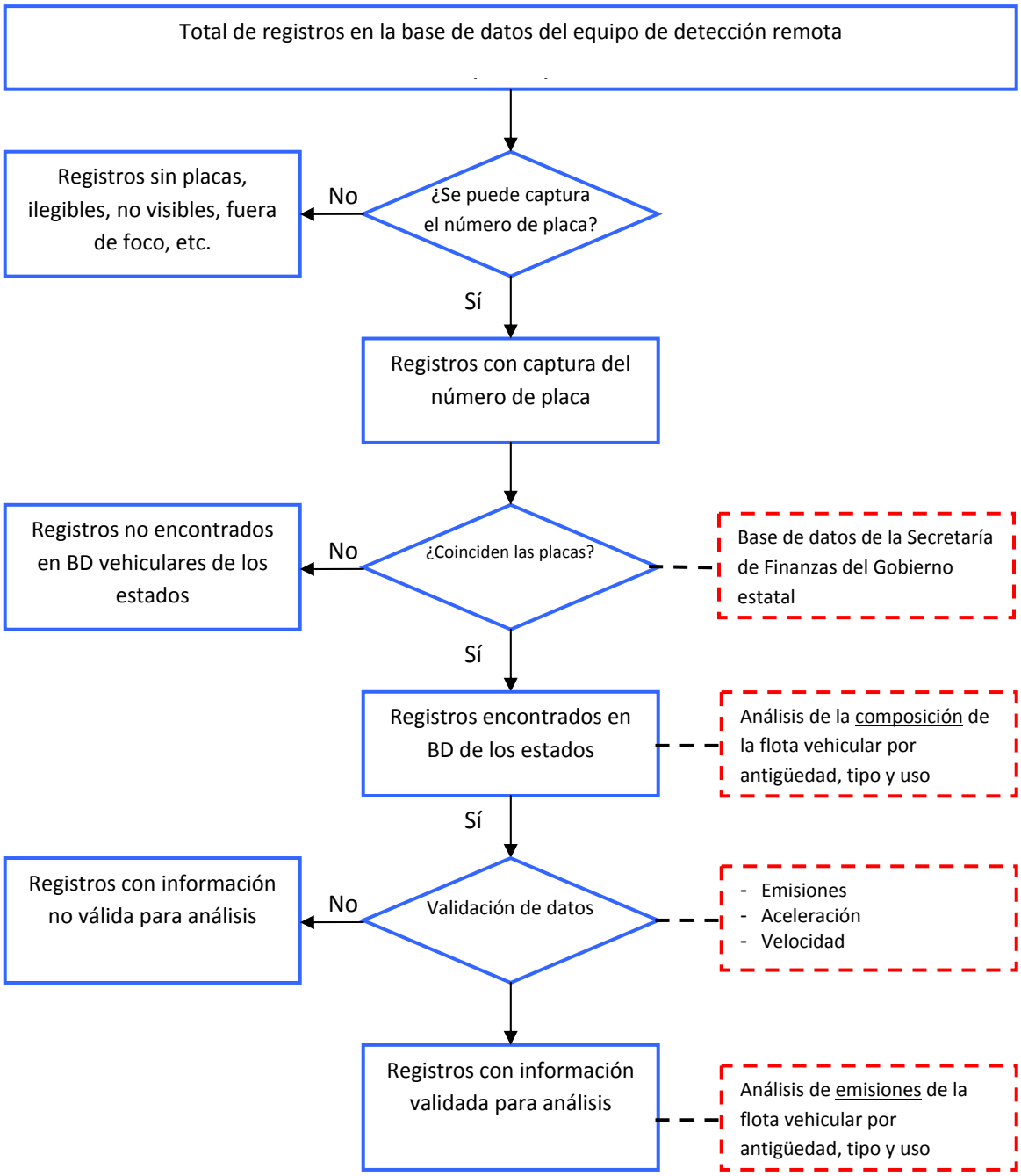
5.2 Emisiones vehiculares

5.2.1 Recolección de información y depuración de las bases de datos

La medición de emisiones vehiculares, mediante la técnica de detección remota, se llevó a cabo durante los años de 2007 a 2011. En Anexo D se muestran los sitios de monitoreo con equipo de detección remota por ciudad, se pueden observar las fechas precisas de cada campaña.

5.2.2 Procesamiento de la información

Una vez capturado el número de placa y habiendo verificado, mediante el control de calidad de la captura que ésta fue adecuada, se buscaron los números de placa capturados en la base de datos de la Secretaría de Finanzas de los gobiernos locales. Estas bases de datos contienen las características técnicas de los vehículos automotores de servicio particular y privado registrados en cada entidad. Los registros vehiculares para los cuales se pudo capturar el número de placa fueron utilizados para realizar el análisis de la composición del parque vehicular en cuanto a su antigüedad, uso y tipo de vehículo, puesto que se integraron en una sola base la información de emisiones y la de características técnicas. Sin embargo, también se encontraron números de placa que corresponde a otros estados del país, del extranjero o a vehículos con placas pero que no se encuentran registrados en la base de datos utilizada para este análisis.



Fuente: INE, 2009. Elaboración propia.

Figura 5.7 Procesamiento y validación de la información obtenida con el equipo de detección remota.

Para todas las ciudades estudiadas, los registros vehiculares con información de emisiones fue suficiente para el análisis, puesto que presentó mediciones válidas aceptables de acuerdo con los criterios de validación sugerido por Unal (30%) para un estudio previo para ciudades fronterizas entre México y Estados Unidos (Unal, 2007), y muy cercano al 91% reportado por Beaton et al (1992) y Bishop et al (1997).

5.2.3 Estadística descriptiva de las emisiones

Vehículos compactos y subcompactos de uso particular

La figura 5.8 muestra el promedio de emisión de monóxido de carbono para los automóviles particulares. Se observa que los vehículos evaluados en las localidades de la frontera norte y en Toluca presentaron los promedios de emisión de CO más altos, mientras que la ZMVM, Reynosa y Veracruz presentaron los promedios más bajos. Esta situación puede estar relacionada con el mantenimiento de los automóviles y con la tecnología del motor.

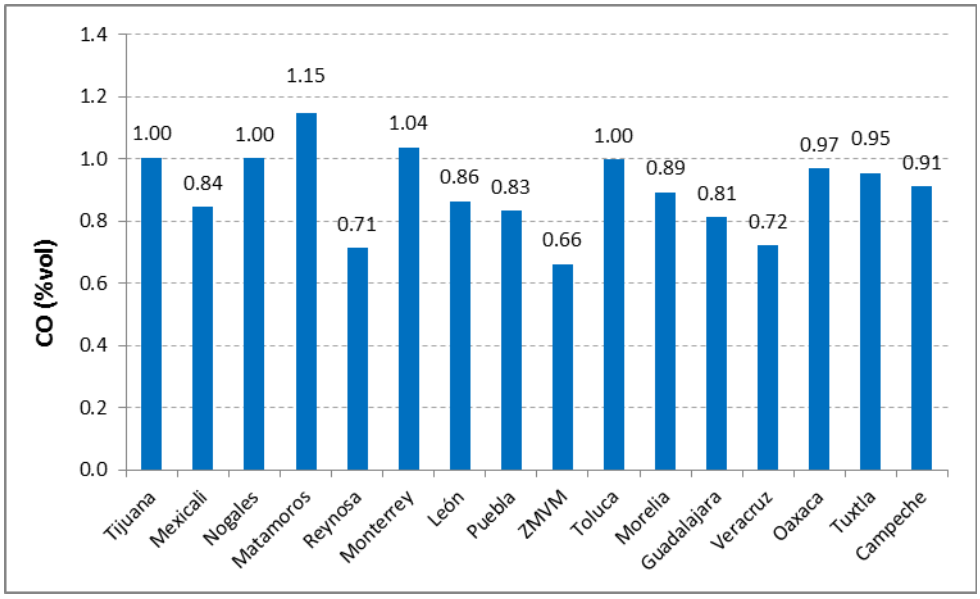


Figura 5.8. Promedios de emisión de CO (%vol) de vehículos compactos y subcompactos de uso particular

En cuanto a los hidrocarburos, se presentó el mismo comportamiento que para el CO, las ciudades del norte presentaron los promedios más altos y las ciudades del centro los más bajos, excepto Toluca cuyo promedio de emisión es de 625 ppm que la ubica en segundo lugar después de Matamoros con 704 ppm de HC. En el caso de Toluca, es posible que la altitud este afectando la eficiencia de la combustión.

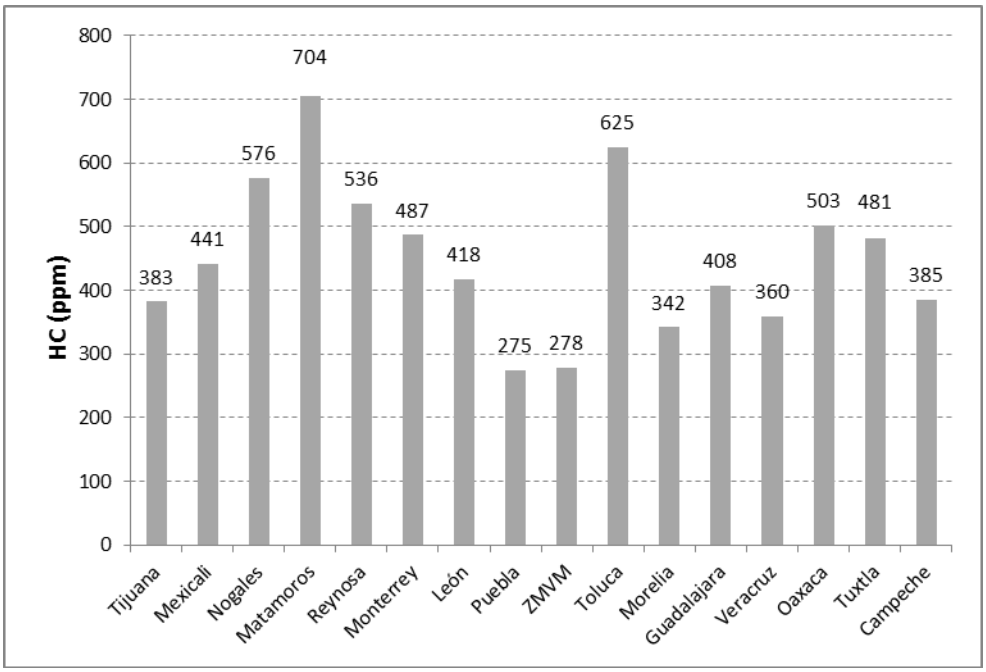


Figura 5.9 Promedios de emisión de HC (ppm) de vehículos compactos y subcompactos de uso particular

Para el caso del óxido de nítrico, los vehículos particulares que se evaluaron en Tijuana, Mexicali y Nogales presentaron promedios de emisión de NO entre 1,000 y 1,300 ppm, tres veces más que la ZMVM y 5 veces más que Monterrey. La formación de NO se favorece cuando la temperatura dentro de la cámara de combustión es muy alta, lo que regularmente sucede cuando el vehículo trabaja con mezclas pobres o cuando existe una falta de mantenimiento del motor. Considerando que la mayor parte de los vehículos que circulan en las ciudades de la frontera norte del país son importados usados de los Estados Unidos, es posible que las altas emisiones de NO se deban a la ausencia de convertidor catalítico de tres vías.

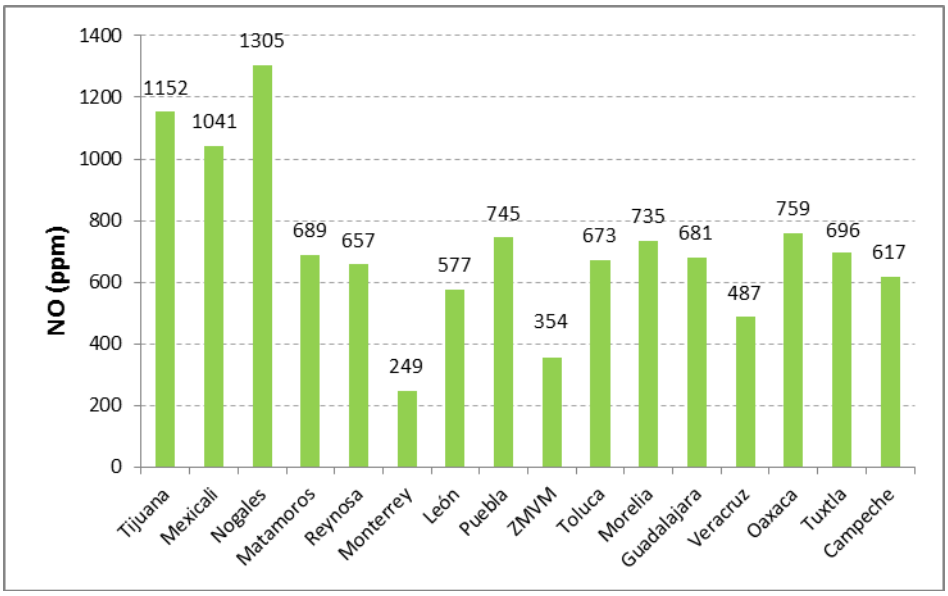


Figura 5.10. Promedios de emisión de NO (ppm) de vehículos compactos y subcompactos de uso particular

Sport Utility Vehicles (SUV)

Las camionetas de uso particular presentaron un comportamiento distinto de los vehículos particulares, ya que la ciudad de Reynosa, Monterrey, la ZMVM y Puebla muestran los promedios más altos de CO e HC, mientras que Tijuana, Mexicali, Matamoros y las localidades del sureste presentaron promedios 50% menores. Al parecer la combustión es más eficiente en las camionetas que circulan en estas últimas ciudades, es posible que aunque son vehículos de modelo más antiguo, la mayoría proviene del estado de California, Estados Unidos, donde las regulaciones en materia de vehículos nuevos y en circulación son muy estrictas.

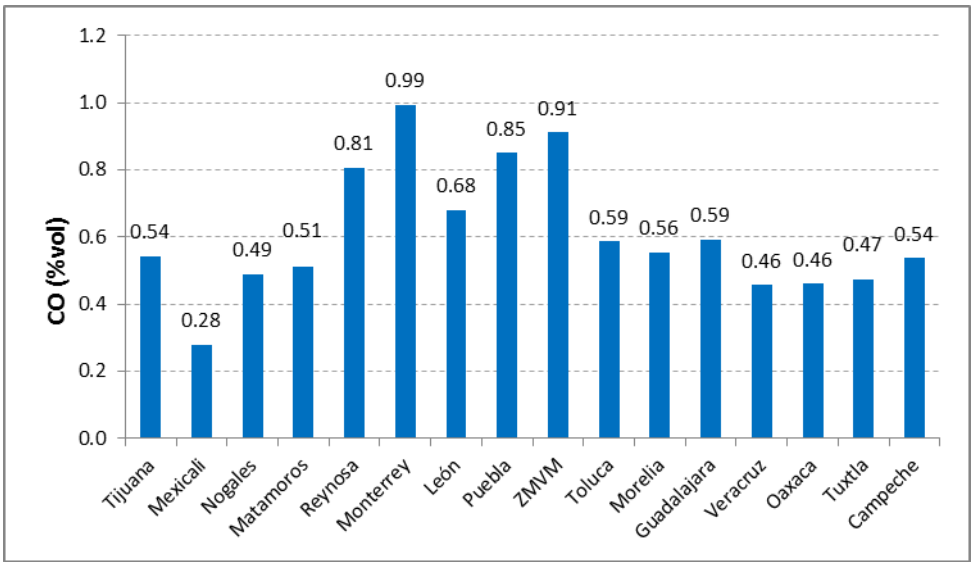


Figura 5.11. Promedios de emisión de CO (%vol) de las SUV´s

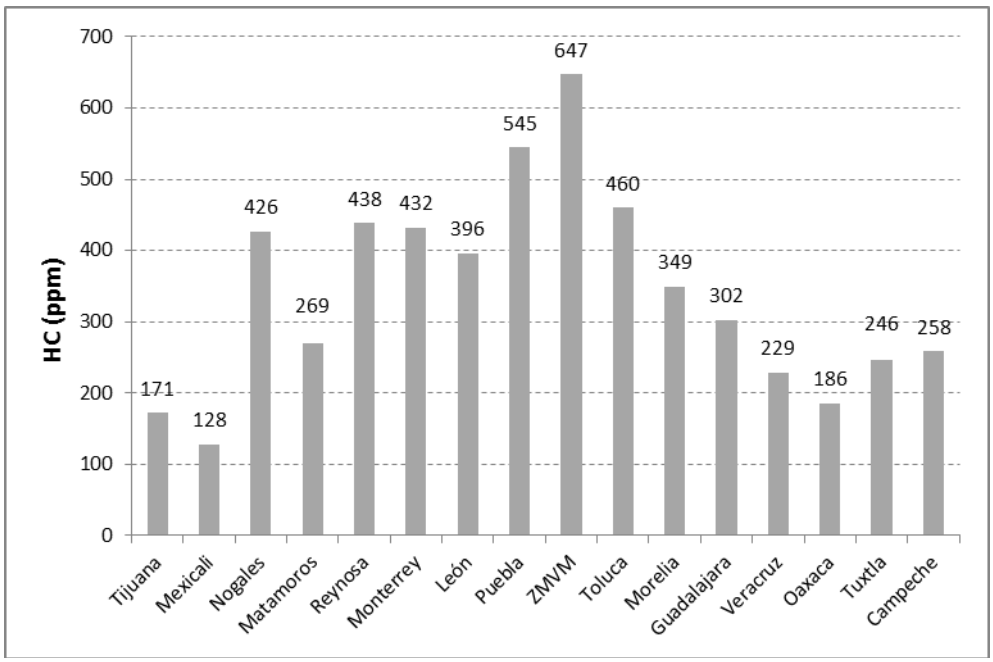


Figura 5.12. Promedios de emisión de HC (ppm) de las SUV´s

Con respecto al óxido nítrico, las localidades con promedios más altos son Monterrey y Puebla con 1,195 y 1,316 ppm respectivamente. Mexicali y las localidades del sureste presentaron promedios por debajo de 500 ppm. En general las camionetas de uso particular evaluadas durante toda la campaña presentaron emisiones de CO, HC y NO menores que los vehículos de uso particular.

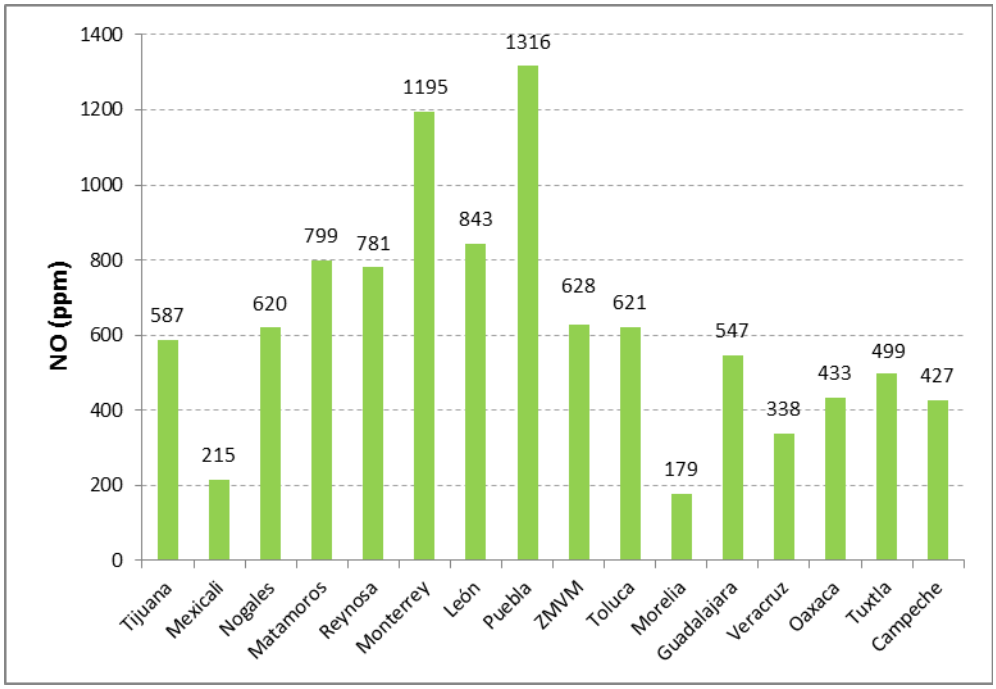


Figura 5.13. Promedios de emisión de NO (ppm) de las SUV´s

Pick up

En el cuadro 5.1 se presenta el comparativo de los promedios de emisión CO, HC y NO de las camionetas tipo pick up en las 16 localidades estudiadas. Para el caso de CO las localidades con los promedios más altos son Tijuana, Nogales, Matamoros, Morelia y Guadalajara, el resto de las ciudades presenta valores alrededor de 1 %vol. Un comportamiento similar se observa para los HC. Las emisiones de la pick up resultaron ser mayores que las de los vehículos compactos, subcompactos y camionetas de uso particular.

Cuadro 5.1. Promedios de las emisiones de CO, HC y NO de las camionetas pick up

Fecha	CO (%vol)	HC (ppm)	NO (ppm)
Tijuana	1.55	432	1074
Mexicali	1.07	477	533
Nogales	1.39	1025	1028
Matamoros	1.59	654	1134
Reynosa	0.85	457	771
Monterrey	0.97	364	1204
León	1.04	464	880
Puebla	1.06	597	1313
ZMVM	1.12	586	596
Toluca	0.85	558	608
Morelia	1.57	805	412
Guadalajara	1.49	797	888
Veracruz	1.21	621	788
Oaxaca	1.12	580	878
Tuxtla	1.09	547	854
Campeche	1.14	498	837

Taxis

Regularmente los vehículos de uso intensivo como las pick up, los taxis y los camiones de carga presentan mayores emisiones que aquellos de uso particular, debido a que son vehículos que recorren más distancia y por tanto, el motor sufre mayor desgaste. De acuerdo con el cuadro 5 se observa que los promedios de CO y HC son similares con los promedios de los vehículos particulares; sin embargo, para el caso del NO los taxis presentan promedios mayores que los particulares.

Cuadro 5.2. Promedios de las emisiones de CO, HC y NO de los taxis

Fecha	CO (%vol)	HC (ppm)	NO (ppm)
Tijuana	1.00	414	1438
Mexicali	1.00	533	723
Nogales	0.97	797	1324
Matamoros	0.83	457	1493
Reynosa	0.87	480	820
Monterrey	0.94	396	1211
León	0.80	415	1852
Puebla	0.81	753	1894
ZMVM	0.74	605	577
Toluca	0.61	535	898
Morelia	0.84	455	233
Guadalajara	0.90	579	1342
Veracruz	0.56	246	772
Oaxaca	0.91	683	1757
Tuxtla	1.26	651	1501
Campeche	0.83	415	1291

5.2.4 Potencia especifica vehicular (VSP)

En la figura 5.14 se muestra la distribución de las mediciones en función del VSP, como se puede observar, todas las localidades presentan una gráfica de campana que es un comportamiento típico de las emisiones vehiculares y que se ha reportado en varios estudios (Bishop, et al., 2008; Schifter, et al., 2008).

Se observa también que Puebla es la localidad que tiene más datos cargados hacia el lado derecho del gráfico, lo cual se debe a que en esta ciudad se trabajó con las pendientes más grandes y en Matamoros con las más pequeñas.

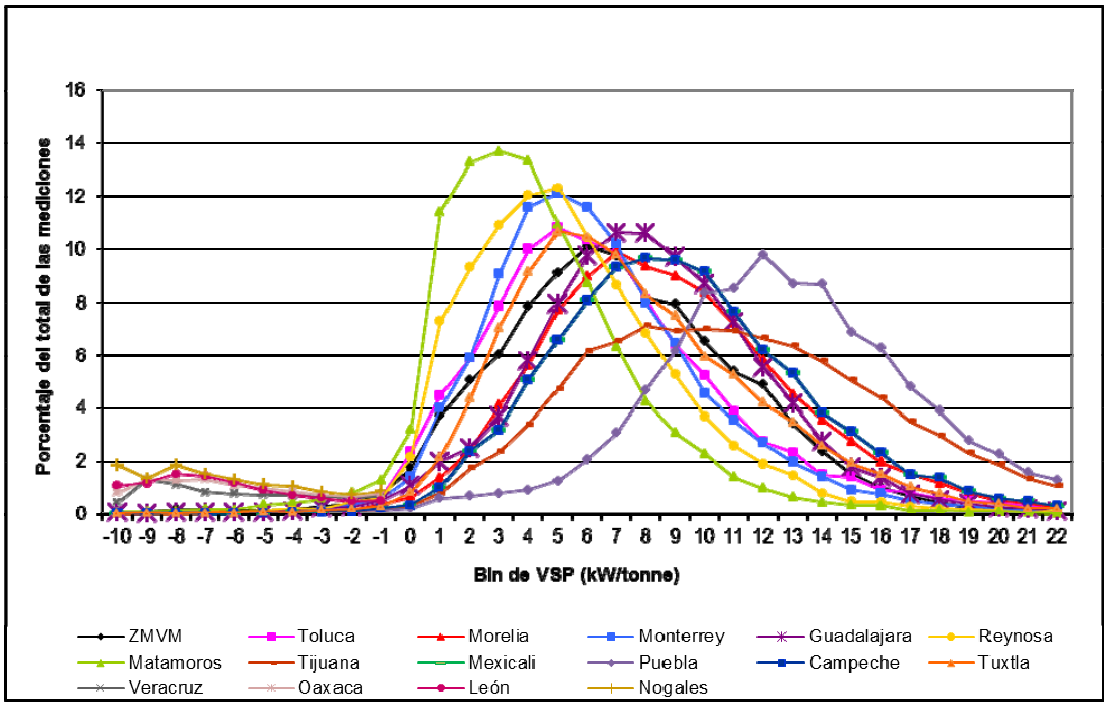


Figura 5.14. Distribución de las mediciones por bin de VSP.

En cuanto a las emisiones de monóxido de carbono, la figura 5.15 muestra la comparación de los promedios por bin de VSP. Se nota que Puebla es la ciudad con los promedios de CO más altos. Para el resto de las localidades se observa que Tijuana, Nogales y Morelia presentan los promedios más altos; mientras que Veracruz, Reynosa y la ZMVM presentan los promedios más bajos.

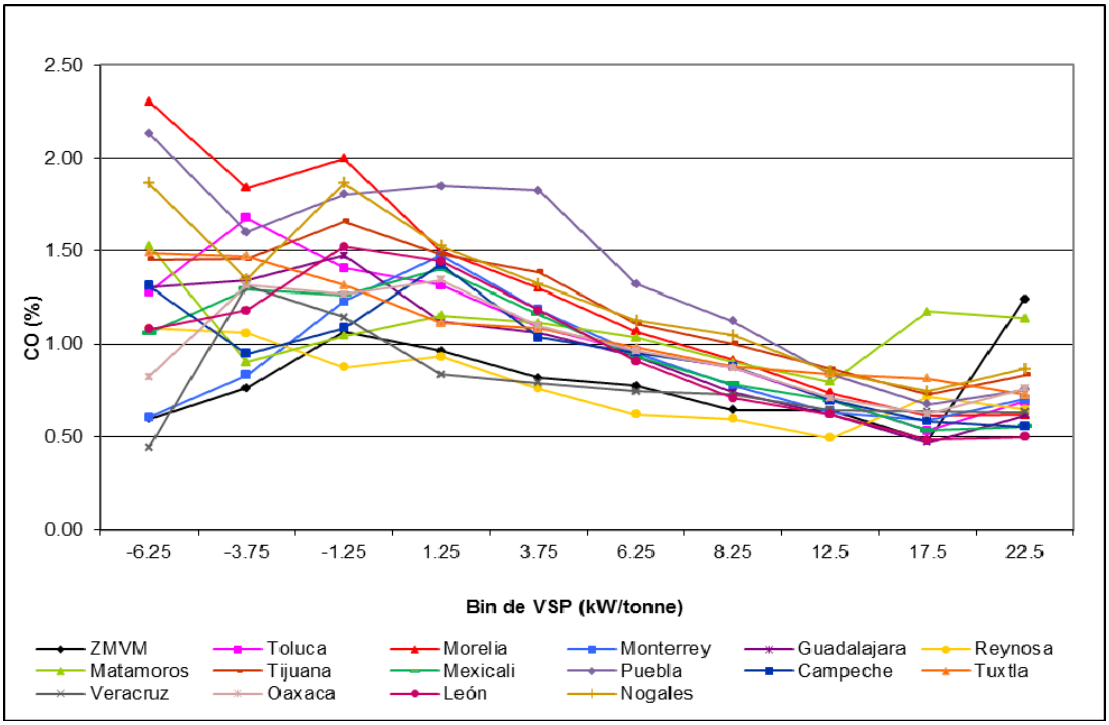


Figura 5.15. Promedio de emisiones de CO (%vol) por bin del VSP.

En el caso del bióxido de carbono (figura 5.16) tenemos que Veracruz, Reynosa y la ZMVM muestran los promedios más altos de este contaminante, lo cual era de esperarse ya que por las características propias de la combustión, lo que no se transforma en CO_2 aparece como CO. Y estas ciudades presentaron las promedios de CO más bajos.

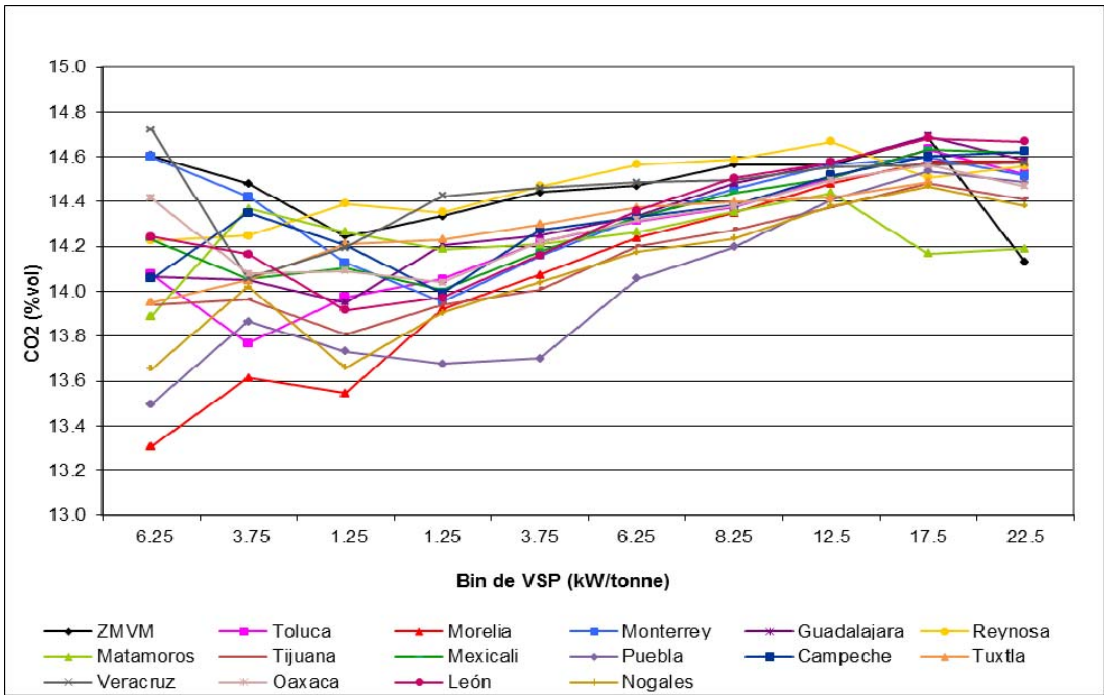


Figura 5.16. Promedio de emisiones de CO_2 (%vol) por bin del VSP.

En la figura 5.16 se muestra que los vehículos que circulan en Toluca, Nogales y Matamoros presentaron los promedios de emisión de hidrocarburos más altos, mientras que los vehículos que circulan en Veracruz, Campeche y la ZMVM presentaron los promedios más bajos. Esto puede deberse a que en las ciudades de la frontera norte el 90% de los vehículos son importados usados de los estados unidos y son de modelos más viejos, por lo que la eficiencia de combustión puede ser menor que en los vehículos que circulan en el centro y sur del país, que son de modelos más recientes.

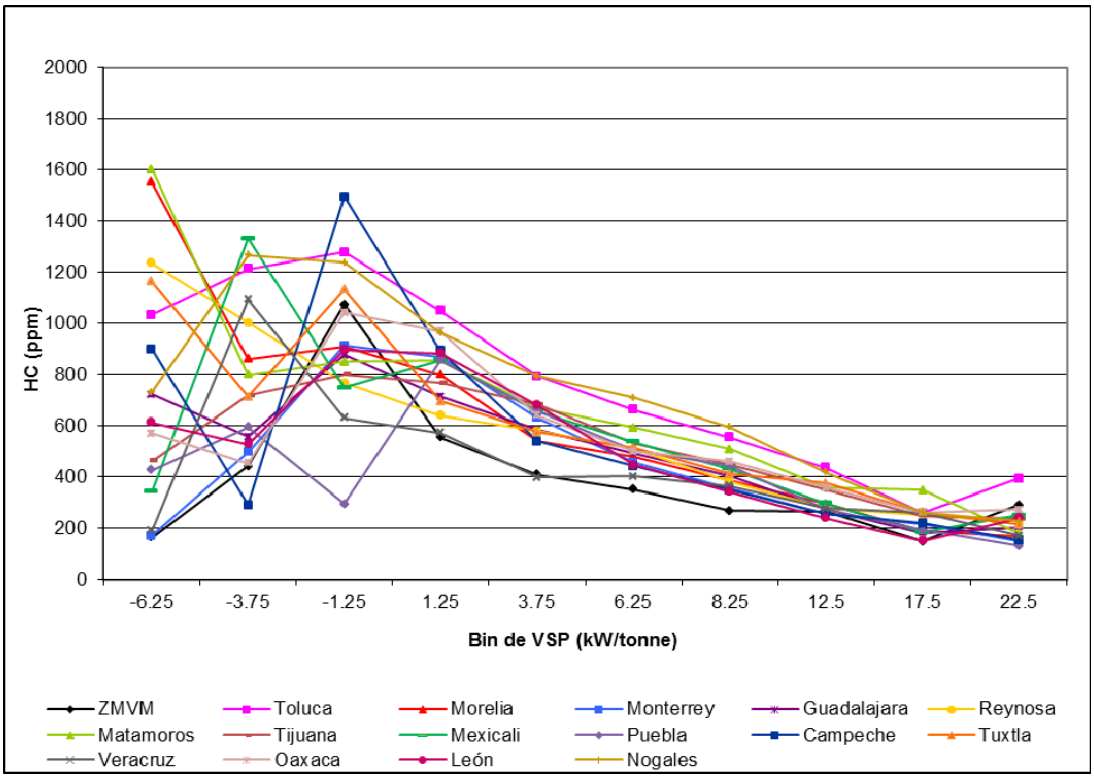


Figura 5.17. Promedio de emisiones de HC (ppm de propano) por bin del VSP.

En cuanto a la emisión de óxido nítrico, los resultados indican que los vehículos evaluados en Nogales y Tijuana presentaron los promedios de emisión más altos de este contaminante, y Reynosa, Monterrey y la ZMVM presentaron los promedios más bajos. La formación de óxidos de nitrógeno está relacionado con el mantenimiento del motor, por lo que es posible que en la ZMVM y en Monterrey los vehículos presenten mejor mantenimiento que en el caso de Nogales y Tijuana. Otro factor que está relacionado con las emisiones de NO es la presencia de convertidor catalítico; es común que los vehículos importados de los Estados Unidos que circulan en México no porten un dispositivo de este tipo por lo que las emisiones de NO son mayores que las que emite un vehículo con convertidor.

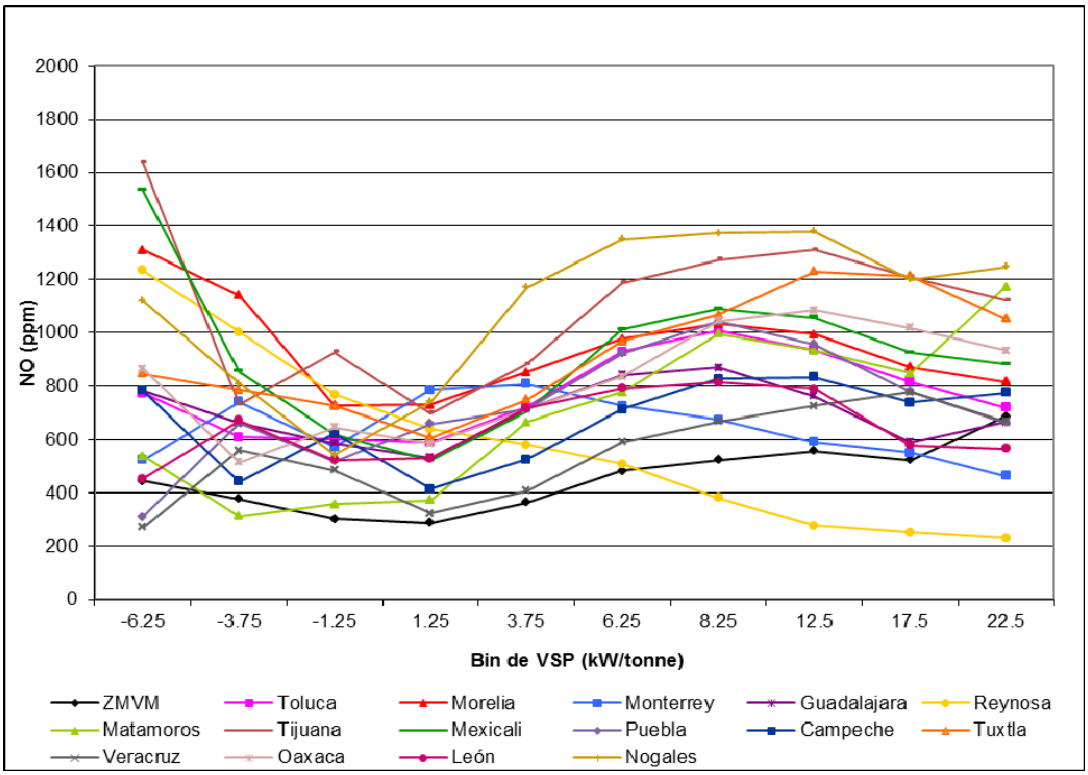


Figura 5.18. Promedio de emisiones de NO (ppm) por bin del VSP

VI. CONCLUSIONES

- Los resultados muestran, en promedio, que las emisiones de los vehículos de 10 años o más de antigüedad son más altas que las de los vehículos más recientes: monóxido de carbono (CO), entre 3 y 4 veces; hidrocarburos totales (HC), entre 4 y 6 veces; y óxido nítrico (NO), hasta 3 veces más.

- Las ciudades fronterizas circulan vehículos más grandes, de más antigüedad, un mayor porcentaje de procedencia extranjera. La motorización (vehículo/habitantes) también es mayor en las ciudades de la frontera norte con respecto a las del resto del país, principalmente por mayor disponibilidad de vehículos usados.

- El análisis por VSP es un buen método para comparar las emisiones de vehículos que circulan en diferentes localidades. Los resultados fueron coincidentes con los obtenidos mediante la estadística descriptiva.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Beaton SP, Bishop GA, Stedman DH, *Emission Characteristics of Mexico City Vehicles*, Journal of the Air & Waste Management Association, Vol. 42, No. 11, 1992.

Bishop G. A. and Stedman D. H.. 2006. *On-Road Remote Sensing of Automobile Emissions in west Los Angeles: Year 4*, Department of Chemistry and Biochemistry, University of Denver, 2006.

Bishop G. A. and. Stedman D. H. 2006. *On-Road Remote Sensing of Automobile Emissions in the Denver Area: Year 6*, Department of Chemistry and Biochemistry, University of Denver, 2007.

Centro Mario Molina, 2006. Medición de emisiones vehiculares en Ciudad Juárez. Disponible en: http://www.centromariomolina.org/publicaciones.html

EPS, August 2004, *Remote Sensing Milestones, "US Experience"* Niranjan Vescio, ESPH, Environmental Systems Products, 2002 N. Forbes, Tucson, Arizona 85745-1446 USA.

INE, 2006. "*Inventario nacional de emisiones de México, 1999"*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT y Western Governors' Association. México, DF.

International Sustainable System Research Center (ISSRC), 2004. "Mexico City Vehicle Activity Study", J. Lents et al. California, USA.

INE, 2007 "Actividad y Emisiones Vehiculares en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Metodología de recolección de información y resultados. Reporte Final". Hilda Martínez, Porfirio Franco, Antonio Galván. México, D.F.

INE/CTS-M, 2007. "Informe final, Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas de la frontera norte, Ciudad de Tijuana" México, D.F.

INE/CTS-M, 2007. "Informe final, Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas de la frontera norte, Ciudad de Mexicali" México, D.F.

SMA-GDF, 2006. Campañas de monitoreo ambiental a distancia de vehículos. Disponible en: http://www.sma.df.gob.mx/sma/modules.php?name=News&file=article&sid=358

Unal Alper. *"Chocolate Vehicle Emissions Measurements on Mexico-US Border Cities: Data Collection Protocol"*, EMBARQ, El Centro de Transporte Sustentable, 2007.

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org

ANEXO A. Metodología

Para cumplir con los objetivos del estudio se consideraron dos componentes básicos, la medición de emisiones vehiculares a través de uso de un equipo de detección remota y la caracterización de la flota vehicular a través de la aplicación de encuestas a automovilistas para obtener un panorama general de la actividad vehicular (distancias recorridas, uso del vehículo y consumo de combustible por tipo de vehículo) y las características técnicas (marca, submarca, tipo de vehículos, número de cilindros, cilindrada, etc.) del parque vehicular en circulación.

A.1 Actividad y características de la flota vehicular

A.1.1 Selección de los sitios de muestreo

Las características técnicas de interés para este estudio son el tamaño de la flota, composición por tipo de vehículo, origen, antigüedad; además de sus datos de actividad, como la distancia recorrida, tipo de uso y consumo de combustible. Para obtener esta información, se realizaron las siguientes actividades:

- **Aplicación de encuestas**, en estaciones de servicio (gasolineras) a mil conductores de vehículos.
- **Conteo directo** para obtener de aforos vehiculares y una primera aproximación de la composición del parque vehicular que circula en la ciudad por categoría, de acuerdo con su procedencia.
- **Recopilación de bases de datos de ventas** históricas de la industria automotriz en la ciudad para determinar la cantidad y composición de la venta de vehículos nacionales que se incorporó, año con año, al parque vehicular.
- **Análisis de la base de datos vehicular** de la Secretaría de Finanzas del Gobierno estatal para corroborar información de composición y edad vehicular.
- **Captura del tipo de vehículo** a través del acervo fotográfico obtenido durante el trabajo de campo realizado con el equipo de detección remota. Este análisis permitió obtener

información de la composición, por tipo de vehículo, de la flota vehicular analizada con el sensor remoto.

Cuadro A.1 Métodos e información recopilada.

Método	Información obtenida
Encuestas	• Procedencia del vehículo • Distancia recorrida • Consumo de combustible • Número de cilindros
Conteo directo, ventas históricas de vehículos nuevos y modelo estadístico.	• Parque vehicular "vivo" o en circulación
Bases de datos de registro vehicular local y sensor remoto.	• Antigüedad del parque vehicular
Bases de datos de sensor remoto	• Composición del parque por tipo de vehículo

Selección de sitios de muestreo para la aplicación de encuestas y conteo de vehículos

La selección de los sitios para la aplicación de encuestas a automovilistas y el conteo directo de vehículos se basó en los siguientes criterios:

- Se seleccionaron 5 estaciones de servicio ubicadas lo más cerca posible a los puntos utilizados para el monitoreo con equipo de detección remota, con la finalidad de posteriormente realizar una correlación de los datos de composición, actividad y emisiones vehiculares.
- Se seleccionaron vialidades representativas (en donde circulen vehículos con diferente uso) de la zona de estudio para realizar los conteos de vehículos.

A.1.2 Recopilación de información en campo

Se realizó el conteo directo durante cinco días, un día en cada uno de los puntos seleccionados, durante 20 minutos cada hora entre las 8:00 y las 18:00 horas. El personal a cargo de los conteos

tiene experiencia para identificar en forma visual la procedencia de los vehículos (nacional ó importado), en base a la carrocería, marca y submarca de los vehículos automotores. La clasificación que se realiza considera los siguientes tipos de vehículos: autos, van, SUV (Sport Utility Vehicles), pick up y estaquitas, camión de pasaje (servicio público), camión de carga y motocicletas.

Adicionalmente a la información que se obtiene del tipo de vehículo a través de la aplicación de encuestas, se corrobora esta información con el uso del registro fotográfico de los vehículos captados con el sensor remoto, es decir, se realiza una segunda captura del tipo de vehículo, a través de la misma fotografía utilizada para registrar el número de placa de los vehículos captados durante el estudio con el sensor remoto. La ventaja de este método, es que se tiene una mayor muestra (miles de vehículos) que la obtenida a través de las encuestas (1,000 por ciudad). La clasificación por tipo de vehículo es la misma que la utilizada durante la aplicación de encuestas.

Por otra parte, se diseñó una encuesta en la que se incluyen preguntas orientadas a obtener información acerca de los siguientes aspectos:

- **Características técnicas del vehículo:** año modelo y número de cilindros.
- **Actividad del vehículo:** lectura del odómetro, número de días de la semana que se utiliza, tipo de uso, gasto en consumo de combustible por semana y distancia recorrida por semana
- **Procedencia del vehículo:** Hace cuánto tiempo se adquirió el vehículo y dónde fue comprado como nuevo.
- **Inspección y mantenimiento**

Los formatos empleados para recopilar la información a través del conteo directo y la entrevista se encuentran en el anexo B. Cabe resaltar, que las entrevistas se aplicaron en estaciones de servicio localizadas sobre las mismas avenidas donde se realizó el conteo directo de vehículos.

Para estimar el tamaño del parque vehicular por categoría vehicular (automóviles, SUV, VAN y pick-up/estaquitas), se distribuyó el parque por edad y tipo de vehículo, y así poder estimar una curva de mortalidad de acuerdo con las ventas históricas de vehículos nuevos.

Para realizar la aplicación de encuestas y la estimación del parque vehicular "vivo" o en circulación, se contrató a la empresa The Sustainable Transport and Emissions Services Company (TSTES, S.A. de C.V.), quien elaboró un reporte detallado con los resultados de la encuesta.

A.2 Emisiones vehiculares

En este estudio, en lo que respecta a la medición de las emisiones vehiculares, se utilizó un equipo de detección remota porque mediante esta técnica es posible obtener un gran número de mediciones en un tiempo relativamente corto y, adicionalmente, pueden relacionarse con las características generales de los vehículos, lo que permite observar correlaciones entre éstas y sus emisiones. A continuación se describe la metodología empleada para la instalación del sistema de detección remota, la duración del estudio, el criterio de selección de sitios, la calibración del equipo, la recolección y el procesamiento de los datos obtenidos.

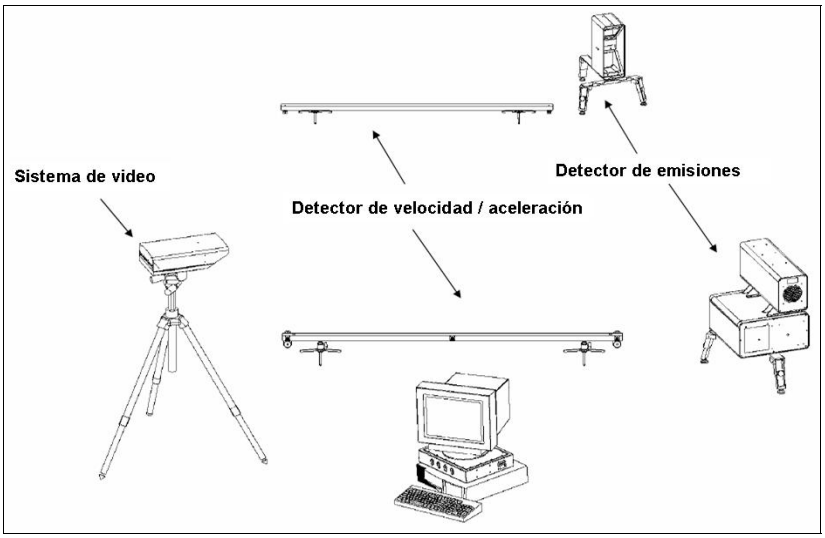
A.1.1 Equipo utilizado y su calibración

Los equipos de monitoreo remoto son ampliamente usados en diversas aplicaciones ambientales, entre ellas, el monitoreo a distancia de las emisiones de vehículos en circulación (Sigrist, 1994). Se utilizó el equipo Accuscan RSD-4600, propiedad del INE. Mediante este equipo se obtienen mediciones de monóxido de carbono (CO), bióxido de carbono (CO_2), hidrocarburos (HC), óxido nítrico (NO) y opacidad.

Este equipo lanza un haz de luz infrarrojo a lo largo de una trayectoria de entre 4.5 a 8.5 m, a través de la vialidad, a la altura del tubo de escape de gases de los vehículos, hacia una serie de detectores o filtros para bandas de absorción de 3.3, 4.6 y 4.3 micrómetros, en donde se mide la cantidad de energía absorbida. La energía absorbida es proporcional a la concentración de hidrocarburos, monóxido de carbono y bióxido de carbono respectivamente, presentes en la nube dejada por el escape del automotor.

La medición del óxido nítrico se lleva a cabo utilizando una fuente de luz ultravioleta; la del HC y CO se realiza mediante el uso de una luz infrarroja. Los resultados obtenidos se presentan en concentración, es decir, en partes por millón para los hidrocarburos y el óxido nítrico, en tanto que para el monóxido y bióxido de carbono el resultado se expresa en porcentaje de volumen.

El sistema cuenta con sensores que permiten cuantificar la velocidad y la aceleración de cada vehículo monitoreado. Estos parámetros son determinantes para la medición, puesto que sólo se consideran válidas las mediciones en las que se registran valores de velocidad entre 8 y 160 km/h, y de aceleración entre -20.9 y 22.5km/h/s. Estos sensores están perfectamente sincronizados con el equipo que registra las emisiones vehiculares así como con una cámara de fotografía digital, con la cual se toma una fotografía de la parte trasera de cada unidad con la intención de obtener una imagen de cada matrícula, lo que permite obtener los datos particulares, a través de bases de datos del registros del padrón vehicular local, de los vehículos monitoreados (como año modelo, tipo, cilindrada, etc.). La figura A.1 muestra los tres elementos básicos del equipo de medición remota, a decir, el detector de emisiones, las barras de detección de velocidad / aceleración y el sistema de video (ESP, 2004).



Fuente: ESP, 2004.

Figura A.1 Elementos del equipo de detección remota.

Las mediciones realizadas son concentradas en un equipo de cómputo, en donde las lecturas de los gases contaminantes, la aceleración y la velocidad son comparadas en automático por un software que contiene valores preestablecidos de estos parámetros, de forma tal que al presentarse resultados irregulares, el sistema crea banderas de alerta para que los datos no válidos no sean tomados en cuenta durante el análisis de la información (ESP, 2004).

El equipo fue calibrado todos los días antes de iniciar las mediciones. Adicionalmente, debido a que así lo requiere el sistema, se calibró con el gas estándar cada 2 horas como máximo, dependiendo del número de vehículos monitoreados. De la misma forma, durante las mediciones se revisó la realineación de los espejos del sistema óptico y se ajustó cuando fue necesario para asegurar la calidad de las mediciones realizadas.

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org

A.1.2 Selección de los sitios de muestreo

Los criterios considerados para la selección de los sitios de medición fueron:

a) Captar vehículos que circulan en zonas con características socioeconómicas distintas, porque se sabe que el tipo de vehículo, su antigüedad y su mantenimiento dependen de este tipo de variables;
b) Seleccionar vialidades con alto flujo vehicular (800 a 1,100 vehículos por hora), para asegurar la recopilación de suficiencia de información para el análisis estadístico;
c) Seleccionar vialidades de 2 ó 3 carriles, que permitieran el paso de los vehículos, uno a uno, por entre las barras de detección de velocidad/aceleración;
d) Seleccionar vialidades que contaran con una pendiente positiva, para asegurar que el vehículo transitara en aceleración y con una velocidad comprendida entre los 30 y 40 kilómetros por hora, al momento de pasar frente al equipo analizador de gases.

Como herramientas de apoyo en la selección de los sitios de muestreo se utilizó la cartografía de la red vial y de uso de suelo de la cuidad. Asimismo, se realizaron recorridos previos al inicio de las mediciones, para asegurar la correcta selección de los puntos.

A.1.3 Periodo de muestreo

Las mediciones se llevaron a cabo con base en la metodología citada por Schifter et al, 2003 en estudios previos. En estos estudios se recomienda establecer una meta, en términos del número de vehículos a medir por día, de entre 1,000 y 2,000, (durante el estudio para Morelia se pudieron recopilar, en promedio, más de 5,000 vehículos por día) pudiendo variar este número de un día a otro. Asimismo, por lo general se espera que entre 50 y 60% de las mediciones realizadas sean válidas para análisis (es decir, que cuenten con valores de aceleración y velocidad adecuados). Esto es para que, utilizando un valor conservador de 50% de mediciones válidas, se cuente al final con entre 500 y 1,000 mediciones válidas por día.

En estos estudios es indispensable contar con información de las placas de circulación de los vehículos, ya que éstas se utilizan para consultar las bases de datos de registros vehiculares y, así, obtener información del vehículo (tipo, año-modelo, etc.). Normalmente se considera que pueden encontrarse los registros vehiculares completos de alrededor del 30% de las placas observadas, por lo que el número de mediciones de emisiones válidas con información de vehículos resulta en aproximadamente 150 a 300 por día. Para asegurar que se recolecta el mayor número de mediciones posibles durante un día se requiere una buena afluencia vehicular, por lo que se sugiere que la recolección de datos sea entre las 8:00 y las 16.00 horas, tomando en cuenta fines de semana, para captar la variabilidad en el tipo de vehículos que circulan en distintos días, así como en zonas con diferente tipo de actividad económica (Unal, 2007).

Con base en estas recomendaciones, los estudios de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas se llevaron a cabo, por lo general, de lunes a sábado, en un horario de las 9:00 a las 15:00 horas, con el objetivo de recolectar un número aproximado de entre 3 y 4 mil mediciones de vehículos por día, para asegurar el mayor número de registros válidos con información.

A.1.4 Captura de la información

Una vez terminado el proceso de recopilación de información de emisiones en campo, se realizó la captura manual de las placas de los vehículos de cada fotografía tomada para así asociarla con las emisiones medidas. En este proceso, se descartaron los datos no válidos, por tratarse de:

- vehículos sin placas, o con placas no visibles o no colocadas en el lugar especificado en el vehículo;
- registros correspondientes a peatones, bicicletas, motocicletas, unidades pesadas, vehículos con escapes altos;
- registros de emisiones con valores de 99.99 o 99999 que representan desalineación del sistema óptico del equipo o descalibración.

A.1.5 Control de calidad de la captura de información

Con el fin de asegurar la correcta captura de las placas de los vehículos se siguió la siguiente metodología para determinar si existían errores significativos en el proceso, y por lo tanto, si era necesario repetir la captura para un determinado día:

1. Se llevó a cabo un *muestreo aleatorio estratificado* de los registros capturados de acuerdo con el número de registros capturados en cada día (asignación proporcional). Los tamaños de muestra se obtuvieron mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\left(Z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right)^2 \sum_{h=1}^{7} w_h \, S_h^2}{d^2} \qquad \textbf{Ec. 1}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ = percentil donde se acumula el (1-α/- α/2)% de una distribución normal estándar

h = 1, 2, . . . , 7 es el día en que se realizó la captura de las placas de los vehículos y que van del 4 al 10 de octubre

w_h = porcentaje del número de placas capturadas en el día h

S_h^2 = varianza de los errores de captura de las placas de los vehículos en el día h

d = margen de error con respecto al verdadero valor de la media de los errores de captura

α = nivel de significancia

Se utilizó un nivel de significancia del 1% (α= 0.01) y un margen de error con respecto al verdadero valor de la media de los errores de captura de las placas de 0.015 (*d* = 0.015), basados en estudios previos realizados por la EPA que indican una aceptación de 7.5% (S^2=0.075) de la variabilidad de error de la captura de los datos (Gilbert 1987).

2. Una vez determinado el tamaño de muestra para cada día, se seleccionaron aleatoriamente los registros a ser revisados a partir de su número consecutivo en la base de datos.
3. Se procedió a comparar el número de placa capturado con la fotografía correspondiente a estos registros. Como criterio general se determinó que, para cada uno de los días, si en más del 5% de los registros seleccionados para revisión la placa capturada no coincidía con la fotografía tomada por el equipo de detección remota, se capturarían nuevamente todos los registros de ese día.

A.1.6 Procesamiento de la información

La base de datos obtenida del equipo de medición y la base de datos de registro vehicular fueron sometidas a un proceso semi-automatizado para comparar y comprobar la existencia de dichos registros en ambas bases. Como resultado se generó una sola base de datos que integró tanto las características técnicas como las emisiones contaminantes de cada vehículo.

La información recopilada en la base de datos integrada permitió identificar y clasificar la flota vehicular bajo las siguientes características:

1. Tipo de vehículo, para identificar si es sedán, camión ligero (Vagoneta, Pick-Up, etc.) y camión pesado (Autobús, ómnibus, microbús, volteo, etc.);
2. Tipo de uso del vehículo, Particular o de servicio (taxis), relacionado con la actividad del vehículo (distancia recorrida y consumo de combustible);
3. Tipo de combustible, si usa gasolina, diesel, gas natural, gas LP y eléctricos, relacionado con el tipo y cantidad de contaminantes emitidos;

4. Año-modelo: para identificar los diferentes estratos tecnológicos en base a la tecnología utilizada para el control de emisiones.

Por otra parte, en lo que respecta a las emisiones, es necesario considerar únicamente los registros válidos del equipo de detección remota, es decir, aquellos con placa y registro y con todas las lecturas de emisiones, aceleración y velocidad aceptables. Para tal efecto, se utilizaron los siguientes criterios de validación (Bishop y Stedman, 2006 y 2007; Popp, et al. 1999):

- Si la concentración de CO (%) medida resultó menor a -1% o mayor a 21%, entonces las lecturas de todos los gases se consideraron no válidas.
- Si la concentración medida de HC (ppm, como propano) resultó menor a -1,000 ppm ó mayor a 40,000 ppm, entonces se consideró la lectura de HC como no válida.
- Si la concentración medida de NO (ppm) resultó menor a -700 ppm o mayor a 7,000 ppm, entonces se consideró la lectura de NO como no válida.

ANEXO B. Formato de encuesta

Formato utilizado para la aplicación de entrevistas

Determinación de características de los vehículos **Ciudad:** _____

Clave de la ubicación _____ **FECHA** Día | Mes | Año

Descripción de la ubicación _____

SUPERVISO: _____ AUTORIZO: _____ REALIZO: _____

Categoría de vehículo entrevistado Automóvil ( ) ( ) SUV (Sports Utility Vehicle)
Van ( ) ( ) Pick up /estaquitas

Buenos días (tardes) estamos realizando un estudio para determinar las características del parque vehicular de la ciudad y nos gustaría saber:

1.- ¿Qué marca es su vehículo?

( ) Acura	( ) Daewoo	( ) Hummer	( ) Lincoln	( ) Panoz	( ) Seat
( ) Alfa Romeo	( ) Dodge	( ) Hyundai	( ) Lotus	( ) Peugeot	( ) Smart
( ) Aston Martin	( ) Eagle	( ) Infiniti	( ) Maserati	( ) Plymouth	( ) Subaru
( ) Audi	( ) Ferrari	( ) Isuzu	( ) Mazda	( ) Pontiac	( ) Suzuki
( ) Bentley	( ) Fiat	( ) Jaguar	( ) Mercedes Benz	( ) Porsche	( ) Toyota
( ) BMW	( ) Ford	( ) Jeep	( ) Mercury	( ) Renault	( ) Volkswagen
( ) Buick	( ) Geo	( ) Kia	( ) Mini	( ) Rolls-Royce	( ) Volvo
( ) Cadillac	( ) GMC	( ) Lamborghini	( ) Mitsubishi	( ) Saab	( ) Otra, ¿cuál?
( ) Chevrolet	( ) Hino	( ) Land Rover	( ) Nissan	( ) Saturn	_____
( ) Chrysler	( ) Honda	( ) Lexus	( ) Oldsmobile	( ) Scion	

2.- ¿Qué año / modelo es su vehículo? _____

3.- ¿Hace cuánto tiempo lo adquirió usted? _____ Años ó _____ Meses

4.- Sabe usted si su auto de nuevo ¿fue comprado en México ó Estados Unidos?
( ) No sé ***(pase a la siguiente pregunta)*** ( ) Sí ¿en dónde? ( ) México
( ) Estados Unidos
( ) Otro ¿cuál? _____

5.- ¿Cuál es el kilometraje total de su vehículo según su odómetro? _____ Millas
Si no funciona señalarlo y anotar lectura de odómetro ó
( ) está descompuesto o no funciona _____ Kilómetros

6.- ¿Cuántos días a la semana utiliza usted su vehículo? _____ Días

7.- El vehículo, ¿lo emplea usted para ..... ( ) Uso personal ( ) Negocio

8.- ¿Qué tipo de combustible emplea? ( ) Gasolina ( ) Diesel ( ) Gas

9.- ¿De cuántos cilindros es y de qué cilindrada? _____ Cilindros _____ Litros (cilindrada) _____ No sé

10.- ¿Cuánto gasta usted de combustible a la semana? **Importe $** _____ ( ) pesos
( ) USD

11.- ¿Cuánto recorre en promedio a la semana? **Recorrido** _____ ( ) Km _____ No sé
( ) Millas

12.- ¿Cada cuánto tiempo afina usted su vehículo? 1 vez al año ( ) ( ) 3 o más veces
2 veces al año ( ) ( ) No lo ha afinado

13.- Su vehículo: Tiene el convertidor catalítico original ( ) ( ) No tiene, lo compró sin convertidor
Tiene convertidor pero no es el original ( ) ( ) No tiene, usted se lo quitó
Tiene convertidor pero no sabe si es original o de reemplazo ( ) ( ) No sé

14.- Su vehículo cuenta con sistema de aire acondicionado:
( ) No ( ) No sé ( ) Sí ( ) Funcionando
( ) Pero no funciona

15-. Finalmente, me podría indicar, si su vehículo ha presentado alguna prueba de verificación?
( ) Sí ( ) No ( ) No sé

Muchas gracia Señor (a), eso es todo, agradezco su atención y el tiempo brindado. Buenos días (tardes)

Formato utilizado para el conteo de vehículos

Conteo de vehículos

Clave de la ubicación _____ **Ciudad:** _____

Descripción Ubicación: _____ **FECHA** Día | Mes | Año

SUPERVISO: _____ AUTORIZO: _____ REALIZO: _____

De (H:M) ___:___ a ___:___	Número de Vehículos					Observaciones:
		Vehículos importados				
	Vehículos Nacionales	Con placa americana	Con placa Fronteriza	Con placa Nacional	Sin placa	
1 Autos						
Vans						
SUV (Sports Utility Vehicle)						
Pick ups y estaquitas						
Camión pasaje						
Camión de carga						
Motocicletas						

De (H:M) ___:___ a ___:___	Número de Vehículos					Observaciones:
		Vehículos importados				
	Vehículos Nacionales	Con placa americana	Con placa Fronteriza	Con placa Nacional	Sin placa	
2 Autos						
Vans						
SUV (Sports Utility Vehicle)						
Pick ups y estaquitas						
Camión pasaje						
Camión de carga						
Motocicletas						

De (H:M) ___:___ a ___:___	Número de Vehículos					Observaciones:
		Vehículos importados				
	Vehículos Nacionales	Con placa americana	Con placa Fronteriza	Con placa Nacional	Sin placa	
3 Autos						
Vans						
SUV (Sports Utility Vehicle)						
Pick ups y estaquitas						
Camión pasaje						
Camión de carga						
Motocicletas						

De (H:M) ___:___ a ___:___	Número de Vehículos					Observaciones:
		Vehículos importados				
	Vehículos Nacionales	Con placa americana	Con placa Fronteriza	Con placa Nacional	Sin placa	
4 Autos						
Vans						
SUV (Sports Utility Vehicle)						
Pick ups y estaquitas						
Camión pasaje						
Camión de carga						
Motocicletas						

De (H:M) ___:___ a ___:___	Número de Vehículos					Observaciones:
		Vehículos importados				
	Vehículos Nacionales	Con placa americana	Con placa Fronteriza	Con placa Nacional	Sin placa	
5 Autos						
Vans						
SUV (Sports Utility Vehicle)						
Pick ups y estaquitas						
Camión pasaje						
Camión de carga						
Motocicletas						

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org

ANEXO C. Sitios de aplicación de encuestas por ciudad

Ciudad	Fecha	Número de puntos	Total de encuestas
Mexicali	29-nov-07	Km. 7.5 Carretera Tijuana, Col. Progreso	199
	30-nov-07	Av. San Carlos No. 136, Col. Bella Vista	200
	1-dic-07	Ind. Palaco 2298, Col. González Ortega	201
	2-dic-07	Av. Zaragoza y Calle J, Col. Nueva	199
	3-dic-07	Carretera San Luis Km. 13.5, Col. González Ortega	201
Tijuana	5-dic-07	Zona Río, Ignacio Zaragoza y Sánchez Taboada	200
	6-dic-07	Vía Rápida Oriente y Calle Tamayo, Col. Miner Santa Fe	199
	7-dic-07	Boulevard Industrial y Av. Carranza	149
	8-dic-07	Boulevard Casa Blanca	199
	9-dic-07	Libramiento Sur	199
Monterrey	4-nov-08	Escobedo - Raúl Salinas Lozano (esquina con Av. Crescencio Monroy)	194
	5-nov-08	Santa Catarina - Av. Manuel Ordóñez (casi esquina con Segunda Avenida)	199
	6-nov-08	Guadalupe - Av. Eloy Cavazos (Frente al Parque La Pastora)	200
	7-nov-08	Escobedo/San Nicolás - Av. Sendero (esquina con Av. Morenita Mía)	200
	8-nov-08	Monterrey - Av. Alfonso Reyes (entre agencia de viajes BCD Travel y tienda OXXO)	201
Matamoros	10-nov-08	Fraccionamiento Satélite, Av. Del Niño	198
	11-nov-08	Las Palmas, Av. Lauro Villar	190
	12-nov-08	Centro, Calle Sexta	199
Reynosa	13-nov-08	Boulevard Hidalgo	198
	14-nov-08	Av. Margarita Maza de Juárez	202
	15-nov-08	Boulevard Luis Echeverria	200
Morelia	7-jul-09	Camino a Jesús del Monte # 1200, Col. Santa Maria de Guido, CP.58020	200
	8-jul-09	Periférico Paseo de La Republica # 139, Col. Isaac Arriaga, CP.58210	200
	9-jul-09	Av. Madero Oriente No. 2518, Col. Vasco de Quiroga, CP.58230	199
	10-jul-09	Calz. La Huerta No. 550, Col. Centro, CP.58000	200
	11-jul-09	Libramiento Paseo de La Republica Noroeste 5433, Col. Wenceslao Victoria Soto, CP.54148	198

Toluca	14-jul-09	Av. Adolfo López Mateos No. 102, Col. Ojuelos, CP. 51350	200
	15-jul-09	Av. Hidalgo No.508 y Josefa Ortiz de Domínguez, Col. Centro, CP. 50000	200
	16-jul-09	Vialidad Toluca-Naucalpan No. 732, Col. San Mateo Otzacatipan, CP. 50200	200
	17-jul-09	Av. Tecnológico Esq. Independencia S/N, Col. San Salvador Tizatlalli.	200
	18-jul-09	Av. Hidalgo Oriente No. 3 Esq. 1ro. de Mayo, Col. S/D, CP. 52000	200
Guadalajara	21-jul-09	Independencia Nte., Av. Maestros y Río Escondido.	204
	22-jul-09	Av. Revolución No. 1078, Col. Revolución Sector Reforma	195
	23-jul-09	Av. 8 de Julio # 2236, Col. Zona Industrial, CP.44940	203
	24-jul-09	Av. Río Nilo No. 7551, Col. Lomas de la Soledad	201
	25-jul-09	Enrique Díaz de León, Col. Centro	199
Nogales	28-jul-09	Av. Alvaro Obregón	200
	29-jul-09	Av. Tecnológico y Boulevard El Greco	200
	30-jul-09	Boulevard Colosio	202
	31-jul-09	Boulevard 2000	200
	1-ago-09	Av. Alvaro Obregón No. 4106	201
León	09-dic-09	Blvd. Congreso de Chilpancingo y Blvd. Hilario Medina (Nortea sur)	200
	10-dic-09	Blvd. Ma. Morelos y Blvd. Vicente Valtierra (Poniente a oriente	200
	11-dic-09	Av. Malecón del Río y Calzada de los Héroes (Norte a Sur)	200
	12-dic-09	Blvd. Delta y Av. Sigma (Sur a Norte)	200
	13-dic-09	Blvd. Cuitláhuac y Blvd. Cerro Gordo (Sur a Norte)	200
Puebla	23-nov-10	Fidel Velázquez, Unidad Habitacional Infonavit La Margarita	200
	24-nov-10	Vía Atlixcayotl, Zona Residencial La Vista	203
	25-nov-10	5 de Mayo Barrio San Juan Aquiahuac	199
	26-nov-10	Calz. Zaragoza esq. 5 de Mayo, Zona Los Fuertes	203
	27-nov-10	Valsequillo y Periférico	195
Campeche	28-jun-11	Av. Patricio Trueba y Av. José López Portillo	199
	29-jun-11	Av. Presidente Benito Juárez	202
	30-jun-11	Av. Resurgimiento	199
	01-jul-11	Av. López Mateos	200
	02-jul-11	Av. Concordia	202
Tuxtla	05-jul-11	Blvd. Belisario Domínguez	200
	06-jul-11	Periférico Norte	200
	07-jul-11	Libramiento Sur Poniente	198

	08-jul-11	Calzada al Sumidero	210
	09-jul-11	Blvd. Angel Albino Corzo	201
Veracruz	19-jul-11	Blvd. Manuel Ávila Camacho	200
	20-jul-11	Avenida Juan Pablo ll	200
	21-jul-11	Avenida Fidel Velázquez	200
	22-jul-11	Eje 1 Poniente	200
	23-jul-11	Ampliación Miguel Alemán	200
Oaxaca	12-jul-11	Calzada Porfirio Díaz	199
	13-jul-11	Av. Oaxaca y Cerro del Fortín	200
	14-jul-11	Carretera Internacional 1802	207
	15-jul-11	Av. Símbolos Patrios	200
	16-jul-11	Av. Ferrocarril y Monte Alban	195
Total			**13,940**

ANEXO D. Sitios de monitoreo con equipo de detección remota por ciudad

Fecha	Ubicación	Localidad
27-may-08	Raúl Salinas Lozano esquina con Av. Crescencio Monroy	Monterrey
28-may-08	Av. Manuel Ordóñez casi esquina con Segunda Avenida	Monterrey
29-may-08	Av. Sendero esquina con Av. Morenita Mía	Monterrey
30-may-08	Av. Gómez Morín Frente a Plaza Chipinque	Monterrey
31-may-08	Av. Eloy Cavazos frente al Parque La Pastora	Monterrey
01-jun-08	Carretera Santa Rosa frente a la industria SANMINA SCI	Monterrey
02-jun-08	Av. Alfonso Reyes	Monterrey
03-jun-08	Av. Rangel Frías casi esquina con Av. Lincoln de norte a sur	Monterrey
04-jun-08	Av. Ruiz Cortines casi esquina con Lincoln de poniente a oriente	Monterrey
05-jun-08	Av. Serafín Peña	Monterrey
18-sep-08	Parque Tezozomoc, Av. Manuel Salazar casi esquina con Hacienda el	ZMVM
19-sep-08	Circuito escolar de Cd. Universitaria	ZMVM
22-sep-08	Eje central Lázaro Cárdenas casi esquina con Fortuna	ZMVM
23-sep-08	Horacio casi esquina con Calderón de la Barca	ZMVM
24-sep-08	Fray Servando esquina con Av. Congreso de la unión	ZMVM
06-oct-08	Zona centro (pasan vehículos que viene de EUA y con rumbo al interior del país)	Matamoros
07-oct-08	Tráfico vehicular de personal que trabaja en las maquiladoras	Matamoros
08-oct-08	Tráfico vehicular de personal que trabaja en las maquiladoras	Matamoros
09-oct-08	Tráfico de vehículos que van a los “Yonkes”	Matamoros
10-oct-08	Habitacional media-baja	Matamoros
11-oct-08	Habitacional media-baja/Industrial	Matamoros
13-oct-08	Av. Industrial del Norte	Reynosa
14-oct-08	Blvd. Hidalgo y Av. Mil Cumbres	Reynosa
15-oct-08	Av. Margarita Maza de Juárez y Av. Héroes de la Reforma	Reynosa
17-oct-08	Blvd. Hidalgo y Av. Mil Cumbres	Reynosa
18-oct-08	Blvd. Luis Echeverría	Reynosa
10-nov-08	Av. Juan Pablo Segundo	Morelia

11-nov-08	Periférico frente a farmacia GEMS y agencia de la Mazda	Morelia
12-nov-08	Av. Madero	Morelia
13-nov-08	Av. La Huerta	Morelia
14-nov-08	Carretera libre al aeropuerto de Morelia	Morelia
15-nov-08	Periférico frente al Soriana "El Realito"	Morelia
25-may-09	Av. Pablo Neruda	Guadalajara
26-may-09	Av. Patria	Guadalajara
27-may-09	Av. 8 de Julio	Guadalajara
28-may-09	Av. Río Nilo	Guadalajara
29-may-09	Av. Periférico	Guadalajara
30-may-09	Calzada Independencia	Guadalajara
01-jun-09	Av. Tonalá	Guadalajara
02-jun-09	Calzada Revolución y Av. Francisco Verdín	Guadalajara
03-jun-09	Av. Enrique Díaz de León y Av. Maestros	Guadalajara
04-jun-09	Carretera a Tlajomulco	Guadalajara
23-jul-09	Blvd. Luis Donaldo Colosio (Frente a la Dyamond Plaza).	Nogales
24-jul-09	Av. Tecnológico y Av. Greco, de oeste a este.	Nogales
25-jul-09	Av. Jesús García entre Av. Ruiz Cortines y Gasolinera “Century Gas.	Nogales
27-jul-09	Av. Álvaro Obregón frente al hotel Plaza Nogales de norte a sur.	Nogales
28-jul-09	Av. Torres y Av. Álvaro Obregón, de norte a sur.	Nogales
23-nov-09	Blvd. Hilario Medina, 200 m antes del Blvd. Morelos	León
24-nov-09	Blvd. Vicente Baltierra y Av. San José de Potrero	León
25-nov-09	Av. Malecón del Río Puente entre República y Puente Lic. Adolfo	León
26-nov-09	Av. Adolfo López Mateos lateral, frente a la taquilla del Poliforum	León
27-nov-09	Blvd. Delta y Calle Galeano.	León
28-nov-09	Av. Cerro Gordo y Av. López, Sanabria	León
22-nov-10	Blvd. Cadete Vicente Suárez	Puebla
23-nov-10	Calle Fidel Velázquez, Unidad Habitacional Infonavit “Las	Puebla
24-nov-10	Av. Cúmulo de Virgo, frente al Complejo Cultural Universitario	Puebla
25-nov-10	Vía rápida a Cholula	Puebla
26-nov-10	Av. Zaragoza hacia los fuertes	Puebla
27-nov-10	Valsequillo y periférico	Puebla
6-dic- 10	Av. Colón entre las calles J y K	Mexicali
7-dic-10	Av. Río nuevo, entre la calle Cd. Victoria y Foro promocasa	Mexicali
8-dic-10	Av. Lázaro Cárdenas y Calzada Naciones Unidas	Mexicali

Felipe Carrillo Puerto No. 54, Colonia Villa Coyoacán, Delegación Coyoacán, CP 04000, México D.F.
Tel. +52 (55) 30-96-57-42 al 45 Fax. Ext. 201
www.ctsmexico.org

9-dic-10	Av. Santiago Vidauri frente al CDHI	Mexicali
10-dic-10	Av. CETYS Universidad, frente al Montessori	Mexicali
11-dic-10	Boulevard Anahuac, afuera del fraccionamiento Juventud 2000	Mexicali
13-dic-10	Libramiento sur a 50 m del negocio de boilers	Tijuana
14-dic-10	Av. Aeropuerto en dirección hacia el oriente, a 100 m de la	Tijuana
15-dic-10	Av. Casa Blanca en dirección hacia el oriente, afuera del Smart final	Tijuana
17-dic-10	Av. Guadalajara, frente al Soriana	Tijuana
25- feb-11	Carretera libre Tijuana-Ensenada frente a la Clínica "Libre"	Tijuana
12-may-11	Av. Patricio Trueba cerca de la glorieta	Campeche
13-may-11	Av. López Portillo frente al hotel Uxul-ka	Campeche
14-may-11	Av. CTM afuera del Gimnasio Peniche	Campeche
16-may-11	Av. Resurgimiento no. 295 antes del restaurante La Parrilla	Campeche
18-may-11	Libramiento Norte Poniente, afuera del parque Joyyo Mayu	Tuxtla
19-may-11	Primera Av. Sur Poniente, entre 13 y 14 poniente, en el parque	Tuxtla
20-may-11	Calzada Las Etnias, afuera del estadio Zoque	Tuxtla
21-may-11	Carretera panamericana enfrente del hotel sumidero	Tuxtla
23-may-11	Av. Fidel Velázquez frente al parque Los pinos	Veracruz
24-may-11	Eje 1 poniente, entre Madre selva e Inter-colonias, afuera de la CFE	Veracruz
25-may-11	Ampliación Miguel Alemán, frente al hotel La Fuente, salida a Xalapa	Veracruz
26-may-11	Av. Costa Verde e Isabel La Católica, afuera de la universidad femenil	Veracruz
27-may-11	Av. Reyes Heroles, entre Juan Pablo II y Mar del Norte	Veracruz
28-may-11	Boulevard M. Ávila Camacho, adelante del Hotel Fiesta Inn	Veracruz
06-jun-11	Av. San Felipe, afuera del CBTIS 26 y la Escuela de Odontología	Oaxaca
07-jun-11	Cerro del Fortín, en la colonia Santa Clara, cerca del puente peatonal	Oaxaca
08-jun-11	Av. Universidad, afuera del área deportiva universitaria	Oaxaca
09-jun-11	Carretera internacional, afuera de las pinturas comex	Oaxaca
10-jun-11	Av. Ferrocarril, afuera de la garita.	Oaxaca