



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR
HIDROCARBUROS EN LAS ESTACIONES
DE SERVICIO DEL ESTADO DE PUEBLA**

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTA
ING. RICARDO ANTÓN SARABIA**

**DIRECTOR DE TESIS:
DRA. MA. MAURA M. TEUTLI LEÓN**

H. PUEBLA DE ZARAGOZA

SEPTIEMBRE 2014.



Oficio No. 2044/2014

C. RICARDO ANTÓN SARABIA

Pasante de la Maestría en Ingeniería Ambiental
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de Tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Contaminación atmosférica por hidrocarburos en las estaciones de servicio de la ciudad de Puebla.** Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental. Asignándose como Asesor a la Dra. María Maura Margarita Teutli León.

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
H. Puebla de Zaragoza, a 17 de julio de 2014.



C.c.p. Dra. María Maura Margarita Teutli León, Asesor de Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

GJS/MPGA/sco*

M. I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO

DIRECTOR

FACULTAD DE INGENIERIA B. U. A. P.

PRESENTE.

Estimada Maestro:

Por este medio le informo que la tesis titulada "*Contaminación atmosférica por hidrocarburos en las estaciones de servicio del Estado de Puebla*" elaborada por el **Ing. Ind. Ricardo Antón Sarabia**, ha sido debidamente revisada por la abajo firmante, y dado que el Ingeniero realizó las correcciones sugeridas le manifiesto que no hay inconveniente para **autorizar la impresión** de la misma.

Agradeciendo su atención quedo a sus órdenes.

H. Puebla de Z., 11 de julio de 2014.



Dra. Ma. Maura M. Teutli León



Contaminación atmosférica por
hidrocarburos, en las estaciones de
servicio del Estado de Puebla

INGENIERO INDUSTRIAL RICARDO ANTÓN SARABIA

Agradecimientos

Todo el esfuerzo y el tiempo dedicado al estudio y aprendizaje del programa de estudios de la maestría de Ingeniería Ambiental culminan con este trabajo, y por dicha razón quiero empezar reconociendo todo el apoyo que me brindaron para culminarlo, ya que sin él, no tendrías este documento en tus manos.

Mis padres, quienes me impulsaron y apoyaron todo el tiempo a estudiar la maestría, siendo mi padre el ejemplo a seguir de quien en este momento llegan a mi memoria todos los recuerdos de esos días estudiando en la mesa redonda con su lámpara de halógeno en las noches después de trabajar, para poder terminar sus estudios de secundaria, preparatoria, carrera y por último su maestría. Mi madre quien siempre me estuvo presionando en buena forma para presentar y terminar este trabajo. Gracias a ellos por darme ejemplo e impulsarme a superarme.

Mi esposa e hija, quienes sacrificaron parte de su tiempo en convivencias, fines de semana y diversiones para que le dedicara tiempo a las tareas y trabajos del posgrado, gracias a ellas por comprender.

La doctora Teutli quien con sus comentarios sustanciales e importantes mejoraron gran parte de este documento. De igual forma no quiero dejar de mencionar a mi jefa la Lic. Maryté Guevara quien también me presionó e impulsó a terminar la maestría y me brindó todo su apoyo para dedicarle el tiempo necesario a todos los trámites de la escuela.

Gracias a todos ustedes.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I: El aire y los compuestos orgánicos volátiles	4
1.1 Composición del aire	4
1.2 Los compuestos orgánicos volátiles	5
1.2.1 Propiedades de los compuestos orgánicos volátiles	6
1.2.2 Fuentes de compuestos orgánicos volátiles	6
1.2.3 Efectos sobre el medio ambiente	7
Capítulo II: Las gasolinas en México y su evaporación	9
2.1 La gasolina en México como fuente de COV	9
2.2 La evaporación de la gasolina	16
Capítulo III: Inventarios de emisiones a la atmósfera	22
3.1 Los inventarios	22
3.1.1 Clasificación de las fuentes contaminantes	23
3.2 Inventario de emisiones de 1999	24
3.3 Las emisiones en el Estado de Puebla	31
Capítulo IV: Estimación de emisiones de COV a la atmósfera	33
4.1 Cálculo de las emisiones	37
Capítulo V: Los sistemas de recuperación de vapores	42
5.1 Estimación de la reducción de emisiones de COV a la atmósfera	43
Conclusiones	45
Bibliografía	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Composición química del aire	4
Tabla 2.1 Miles de barriles diarios de combustibles consumidos a nivel nacional	11
Tabla 2.2 Especificaciones técnicas del combustible Magna valle de México	12
Tabla 2.3 Especificaciones técnicas del combustible Magna resto del país	13
Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del combustible Premium valle de México	13
Tabla 2.5 Especificaciones técnicas del combustible Premium resto del país	14
Tabla 2.6 Especificaciones de presión de vapor y temperaturas de destilación de las gasolinas	15
Tabla 2.7 Zonas geográficas de distribución de gasolinas	15
Tabla 2.8 Clase de volatilidad de las gasolinas de acuerdo a las diferentes épocas del año	16
Tabla 2.9 Resumen del porcentaje de mermas aprobadas por los gobiernos	21
Tabla 3.1 Resumen de resultados del inventario nacional de emisiones de México 1999	25
Tabla 3.2 Emisión de contaminantes de cada una de las fuentes de área, inventario 1999	26
Tabla 3.3 Resumen de resultados del inventario nacional de emisiones de México 2005	28
Tabla 3.4 Resumen de resultados del inventario nacional de emisiones de México 2008	28
Tabla 3.5 Detalle de las fuentes de área a nivel nacional conforme al inventario de emisiones de México 2005	29
Tabla 3.6 Detalle de las fuentes de área a nivel nacional conforme al inventario de emisiones de México 2008	29
Tabla 3.7 Detalle de las fuentes de área en el Estado de Puebla conforme al inventario de emisiones de México 2005	31
Tabla 3.8 Detalle de las fuentes de área en el Estado de Puebla conforme al inventario de emisiones de México 2008	32
Tabla 4.1 Miles de barriles diarios comercializados en 2003	33
Tabla 4.2 Miles de barriles diarios comercializados en 2004	33
Tabla 4.3 Miles de barriles diarios comercializados en 2005	34

Tabla 4.4 Miles de barriles diarios comercializados en 2006	34
Tabla 4.5 Miles de barriles diarios comercializados en 2007	34
Tabla 4.6 Miles de barriles diarios comercializados en 2008	34
Tabla 4.7 Miles de barriles diarios comercializados en 2009	35
Tabla 4.8 Miles de barriles diarios comercializados en 2010	35
Tabla 4.9 Miles de barriles diarios comercializados en 2011	35
Tabla 4.10 Miles de barriles diarios comercializados en 2012	35
Tabla 4.11 Relación del parque vehicular de la zona centro del país	36
Tabla 4.12 Resumen de las estimaciones de emisiones a la atmósfera en el Estado de Puebla	40
Tabla 5.1 Estimación de la reducción de emisiones a la atmósfera en el Estado de Puebla	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Distribución de las estaciones de servicio en la República Mexicana en 1996	9
Figura 2.2. Distribución nacional de las refinerías y terminales de almacenamiento y distribución en la República Mexicana	10
Figura 2.3 Gráfico en miles de barriles diarios comercializados a nivel nacional	11
Figura 2.4 Gráfico del porcentaje de las ventas de combustibles	12
Figura 3.1 Porcentaje de COV de cada fuente de área	24
Figura 4.1 Miles de barriles diarios comercializados del 2003 al 2012	36
Figura 4.2 Representación gráfica de las emisiones estimadas a la atmósfera en el Estado de Puebla	40
Figura 5.1 Fases de los sistemas de recuperación de vapores	42
Figura 5.2 Representación gráfica de la estimación de reducciones de emisiones a la atmósfera	44

INTRODUCCIÓN

A lo largo de su historia la humanidad ha buscado el disfrute de una vida con mayor bienestar y comodidad. Sin embargo, el desarrollo que ha experimentado para alcanzarlo, ha ido acompañado de consumos masivos de recursos naturales y energéticos, así como de la generación de una variedad enorme de residuos y emisiones a la atmósfera que han causado una extensa degradación ambiental. Históricamente los residuos generados por las actividades humanas se han descargado al ambiente con la idea errónea de que tarde o temprano se degradarán o desaparecerán. El resultado es que actualmente las huellas de la actividad humana son evidentes en prácticamente cualquier lugar, incluso en aquellos que se encuentran alejados de los sitios donde se generan esos residuos. Un buen ejemplo de problemas ambientales que tienen implicaciones tanto locales como globales son los atmosféricos, de los cuales, los más importantes, por sus efectos sobre la salud de la población y los ecosistemas naturales, son la disminución de la calidad del aire, el fenómeno de cambio climático global y la reducción del espesor de la capa de ozono estratosférico.

Se puede definir por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas.

Existen varias clasificaciones de los contaminantes de las cuales se pueden dividir por su origen en naturales y antropogénicas la cual se puede subdividir en fija o móvil. Por su emisión directa a la atmósfera en primarios (los que se emiten directamente) o secundarios (los que se forman mediante procesos químicos atmosféricos) etc. Pero lo importante es entender el comportamiento de los contaminantes del aire ya que por precipitación, deposición seca o húmeda en determinados receptores, como personas, animales, ecosistemas acuáticos, bosques o cosechas estos materiales contaminante se van absorbiendo o depositando en cada uno de ellos o en la superficie de la tierra.

Los principales mecanismos de contaminación atmosférica provienen de la actividad humana como por ejemplo los procesos industriales que implican combustión, tanto en industrias como en automóviles y calefacciones residenciales, que generan dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre,

entre otros contaminantes. Igualmente, algunas industrias emiten gases nocivos en sus procesos productivos, como cloro o hidrocarburos que no han realizado combustión completa.

La contaminación atmosférica tiene efectos a nivel local, regional y global. Varios países como Japón, China y México enfrentan, desde hace tiempo, problemas de calidad del aire en sus principales zonas metropolitanas; en nuestro país, se destaca el Valle de México como el más conocido y documentado. Además de los efectos locales asociados a la mala calidad del aire que se reflejan en la salud de las personas; también se presentan efectos a nivel regional, como la afectación de los bosques y ecosistemas acuáticos debido a la lluvia ácida; o incluso, a nivel mundial, efectos como el cambio climático y la reducción del espesor de la capa de ozono.

Es por ello relevante que todo estudio y proyecto relacionado con la mitigación de los contaminantes deba realizarse con la finalidad de mejorar la calidad de vida de todos los seres que habitamos este planeta. Esta tesis realiza un análisis de la importancia de implementar sistemas de recuperación de vapores en las estaciones de servicio de la República Mexicana así como una evaluación del impacto que se puede ejercer por dichos compuestos, por lo tanto los objetivos son:

Objetivo general:

- Estimar la contaminación atmosférica por recarga de combustibles en las estaciones de servicio de combustible ubicadas en el estado de Puebla.

Objetivo particulares:

- Analizar cuáles de los diferentes compuestos de las mezclas de combustibles influyen en la contaminación a la atmósfera.
- Estimar a partir de datos históricos la aportación de contaminantes por pérdida de vapores en las estaciones de servicio.

En el primer capítulo se describe la composición química del aire, los compuestos orgánicos volátiles así como sus efectos en la salud. En el capítulo dos se describen la composición química de las gasolinas en la República Mexicana conforme a datos de PEMEX Refinación así como las diferentes mezclas que se distribuyen en el país de acuerdo a la época del año y su porcentaje de evaporación en comparación con el contexto internacional. En el capítulo tres se presentan los diversos datos obtenidos por los

inventarios de emisiones a la atmósfera realizados por la SEMARNAT de diferentes contaminantes entre ellos los compuestos orgánicos volátiles (COV) razón de este estudio.

En el último capítulo se mencionan los sistemas de recuperación de vapores requerido por las normas oficiales mexicanas NOM-092 y 093 ya descontinuadas, conjuntamente con una estimación de la reducción en las emisiones si se utilizaran dichos sistemas. Por último se presentan las conclusiones y perspectivas futuras de este trabajo.

CAPÍTULO I: El aire y los compuestos orgánicos volátiles

1.1 Composición del aire

Se denomina aire a la mezcla de gases que constituye la atmósfera terrestre, que permanecen alrededor del planeta Tierra por acción de la fuerza de gravedad. Según la altitud, la temperatura y la composición del aire, la atmósfera terrestre se divide en cuatro capas: tropósfera, estratósfera, mesósfera y termósfera. A mayor altitud disminuyen la presión y el peso del aire.

Las porciones más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas cercanas a la Tierra: la tropósfera y la estratósfera y el aire como es bien sabido se compone por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno y que más del 70% del mismo es el último. De acuerdo a Maurizio Caselli en su libro la contaminación atmosférica se especifica que la composición de un aire no contaminado es la que se muestra en la tabla 1.1.

Sustancia	Fórmula	Fracción molecular	Porcentaje en peso	Masa total (en millones de toneladas)
Nitrógeno	N ₂	78.09 %	75.37	3 920 000 000
Oxígeno	O ₂	20.94 %	23.10	1 200 000 000
Argón	Ar	0.93 %	1.41	73 000 000
Bióxido de carbono	CO ₂	0.032%	0.044	2 300 000
Neón	Ne	18 ppm		65 000
Helio	He	5.2 ppm		3 800
Metano	CH ₄	1.5 ppm		3 700
Kriptón	Kr	1 ppm		15 200
Hidrógeno	H ₂	0.5 ppm		190
Óxido nitroso	N ₂ O	0.25 ppm		1 950
Monóxido de carbono	CO	0.1 ppm		500
Ozono	O ₃	0.02 ppm		200
Bióxido de azufre	SO ₂	0.001 ppm		12
Bióxido de nitrógeno	NO ₂	0.001 ppm		9

Tabla 1.1: Composición química del aire

Todos estos componentes del aire reaccionan e interactúan con todos los componentes químicos que son emitidos a la atmósfera reaccionando de tal manera que en algunos casos se generan contaminantes atmosféricos.

1.2 Los compuestos orgánicos volátiles

Existe gran diversidad de contaminantes atmosféricos ya sea de fuentes antropogénicas como los clorofluorocarbonos, dióxido de carbono, contaminantes radioactivos, metales pesados...etc. o algunas fuentes naturales como los volcanes y la quema natural de los bosques.

Los compuestos orgánicos son sustancias químicas cuya estructura molecular contiene carbono y se encuentran en todos los elementos vivos o de acuerdo a las definiciones del real decreto español 117/2003 del 31 de enero, *“un compuesto orgánico es todo compuesto que contenga carbono y uno o más de los siguientes elementos: hidrógeno, halógenos, oxígeno, azufre, fósforo, silicio o nitrógeno, salvo los óxidos de carbono y los carbonatos y bicarbonatos inorgánicos.”* Los compuestos orgánicos volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), se convierten fácilmente en vapores o gases. Su estructura molecular contiene carbono y otros elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Dentro del mismo glosario del real decreto un *“compuesto orgánico volátil es todo compuesto orgánico que tenga a 293,15° K una presión de vapor de 0,01 kPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. Se incluye en esta definición la fracción de creosota que sobrepase este valor de presión de vapor a la temperatura indicada de 293,15° K.”*

Los COV también son liberados por la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón o gas natural y provienen de emisiones de los yacimientos de petróleo y gas y de los vapores del combustible diesel. De igual forma son liberados por disolventes, pinturas, pegantes y otros productos empleados y almacenados en la casa y el lugar de trabajo.

Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. Cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono en el nivel del suelo o bruma industrial (conocida como "smog" en inglés), que contribuye al cambio climático [1].

Algunos ejemplos de compuestos orgánicos volátiles son gasolina, benceno, formaldehído, disolventes como tolueno y xileno, estireno y percloroetileno (o tetracloroetileno), el principal disolvente usado en la industria de lavado en seco. Muchos compuestos orgánicos volátiles se usan comúnmente en disolventes de pintura y de laca, repelentes de polillas, aromatizantes del aire, materiales empleados en pasatiempos, preservativos de madera, sustancias en aerosol, disolventes de grasa, productos de uso automotor y líquidos para la industria de lavado en seco [1].

1.2.1 Propiedades de los compuestos orgánicos volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles presentan propiedades que se describen a continuación y tienen efectos tanto en la salud como en el medio ambiente.

- **Volatilidad:** evaporación rápida a la atmósfera. Esta propiedad da lugar tanto a contaminación atmosférica como a importantes riesgos para la salud. La vía de entrada más peligrosa al organismo es la respiratoria por inhalación.
- **Liposubilidad:** disolución en grasas ya que son moléculas orgánicas que presentan afinidad por las grasas y se acumulan en los tejidos grasos del cuerpo humano. Productos resultantes de su metabolismo dentro del organismo si presentan hidrosubilidad.
- **Inflamabilidad:** Generalmente son compuestos inflamables, es decir que arden con facilidad en contacto con el aire.
- **Toxicidad:** Daño severo en las funciones de los organismos. Las propiedades tóxicas van a depender de cada compuesto y de las condiciones de exposición. A corto plazo pueden causar reacciones alérgicas o mareos y en exposiciones más prolongadas se relacionan con lesiones neurológicas y otros efectos psiquiátricos como irritabilidad, falta de memoria, dificultad de concentración.

1.2.2 Fuentes de compuestos orgánicos volátiles

La fuente de los COV puede ser natural o artificial. El compuesto más común es el metano, un gas de efecto invernadero generado por la descomposición de la materia orgánica por la quema de biomasa o por animales rumiantes como las vacas. Otros COV de origen natural son los aceites esenciales constituidos por terpenos.

Las fuentes artificiales de COV tienen su origen principalmente en actividades industriales como la industria de pinturas, del calzado o siderúrgica, los disolventes de la industria de lavado en seco, la evaporación de disolventes orgánicos, los automóviles e incluso el humo del tabaco. Dentro del hogar se pueden encontrar numerosas fuentes de COV, ya sea en los productos de limpieza, productos de higiene personal, cosméticos, pinturas, plásticos; algunos ejemplos de compuestos orgánicos volátiles son los siguientes:

- **Naturales:** isopreno, pineno y limoneno.
- **Artificiales:** benceno, tolueno, nitrobenceno, siendo el benceno uno de los componentes importantes emitidos en las estaciones de servicio.

1.2.3 Efectos sobre el medio ambiente

Los COV se pueden clasificar de acuerdo a su impacto en el medio ambiente en 3 grupos:

- Compuestos extremadamente peligrosos para la salud: Benceno, cloruro de vinilo y 1,2 dicloroetano.
- Compuestos de clase A: Son compuestos que pueden causar daños significativos al medio ambiente, como Acetaldehído, anilina, tetracloruro de carbono, 1,1,1-tricloroetano, tricloroetileno, triclorotolueno etc.
- Compuestos de clase B: con menor impacto en el medio ambiente como Acetona y etanol.

Muchos compuestos orgánicos volátiles son peligrosos contaminantes del aire. Cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono a nivel del suelo o bruma industrial (conocida como "smog" en inglés), la cual contribuye al cambio climático. Algunos ejemplos de compuestos orgánicos volátiles son gasolina, benceno, formaldehído, disolventes como tolueno y xileno, estireno y percloroetileno (o tetracloroetileno), el principal disolvente usado en la industria de lavado en seco. Reduciendo la emisión de estos compuestos orgánicos volátiles y de los óxidos de nitrógeno se conseguiría disminuir la formación del smog. Muchos compuestos orgánicos volátiles también se usan comúnmente en disolventes de pintura y de laca, repelentes de polillas, aromatizantes del aire, materiales empleados en pasatiempos, preservativos de madera, sustancias en aerosol, disolventes de grasa, productos de uso automotor y líquidos para la industria de lavado en seco [1].

Los efectos de los compuestos orgánicos volátiles en la salud pueden variar mucho según el compuesto y comprenden desde un alto grado de toxicidad hasta ausencia de efectos conocidos. Esos efectos dependerán de la naturaleza de cada compuesto y del grado y del período de exposición al mismo.

Según el Duodécimo Informe sobre Carcinógenos publicado por el Programa Nacional de Toxicología, el benceno es un carcinógeno humano; el formaldehído, el percloroetileno y el estireno son "carcinógenos humanos según previsiones razonables" [1]. Las personas con mayor riesgo de exposición a largo plazo a esos tres compuestos orgánicos volátiles son los trabajadores industriales que tienen una exposición ocupacional prolongada a los compuestos, los fumadores de cigarrillos y las personas expuestas por períodos prolongados a las emisiones del tránsito pesado de vehículos automotores. La exposición a largo plazo a los compuestos orgánicos volátiles puede causar lesiones del hígado, los riñones y el sistema nervioso central. La exposición a corto plazo puede causar irritación

de los ojos y las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareo, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náusea y trastornos de la memoria [1].

Otra fuente importante de emisiones de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera la compone el uso y distribución de combustibles automotrices. En ciudades como Madrid España, se suscribió un acuerdo voluntario entre la comunidad de Madrid y la asociación de empresarios de estaciones de servicio de la comunidad de Madrid para que en un periodo de cuatro años se implementen tecnologías que reduzcan la emisión de COV. Unos 1.200 surtidores de 300 gasolineras, incorporarán un sistema de doble manguera que impide la difusión a la atmósfera de estos gases de efecto invernadero y precursores de otros contaminantes como el ozono troposférico, según indica el periódico La Razón el 30 de Julio de 2006 donde el objetivo es la implantación de tecnologías que reduzcan hasta un 70% la emisión de COV –entre ellos, el benceno– que se producen en el suministro de gasolinas a vehículos. Para ello, se instalarán surtidores con dispositivos de doble manguera que evitan la difusión de gases en la atmósfera, al ser devueltos al tanque del combustible para su reutilización. La incorporación de esta mejora evitará la emisión a la atmósfera de los COV emitidos por el tráfico de 120.000 vehículos.

La implementación de este convenio se ha traducido apenas en la publicación del Real Decreto 455/2012 el martes 6 de marzo de 2012 [2] por el que se establecen las medidas destinadas a reducir la cantidad de vapores de gasolina emitidos a la atmósfera durante el repostaje de los vehículos de motor en las estaciones de servicio. En dicho decreto se establece que “los equipos de recuperación de vapores de gasolina de la fase II que se instalen en los surtidores o dispensadores de gasolina de las estaciones de servicio deberán captar al menos el 85 por ciento de los vapores de gasolina”. La aplicación de estas políticas se realizarán en el mediano plazo tal como lo describe su artículo 8 “lo dispuesto en este real decreto sólo será exigible a las estaciones de servicio existentes con un caudal superior a 3.000 m³ /año a partir del 31 de diciembre de 2018”.

CAPÍTULO II: Las gasolinas en México y su evaporación

2.1 La gasolina en México como fuente de COV

La gasolina es un líquido sumamente inflamable, transparente o de color marrón pálido, aunque en México el color de la gasolina magna es de color amarillo como la cerveza, con un olor fuerte. Se fabrica a partir de petróleo y contiene más de 150 sustancias químicas, incluso benceno, tolueno y a veces plomo. La gasolina se usa como combustible para motores de combustión interna en automóviles, algunos camiones, cortadoras de césped, equipo motorizado y otros vehículos. También puede usarse como disolvente. Los aditivos de la gasolina son sustancias químicas agregadas a la gasolina para mejorar el octanaje y evitar el “cascabeleo” de los motores. Los aditivos también pueden aumentar la concentración de oxígeno de la gasolina, lo que reduce la contaminación emitida por los motores. La Franquicia Pemex tiene en operación aproximadamente 10,900 Estaciones de Servicio (Franquicias PEMEX) en la República Mexicana al 31 de mayo de 2014 según el Manual de Pemex Refinación de su página de internet [3].

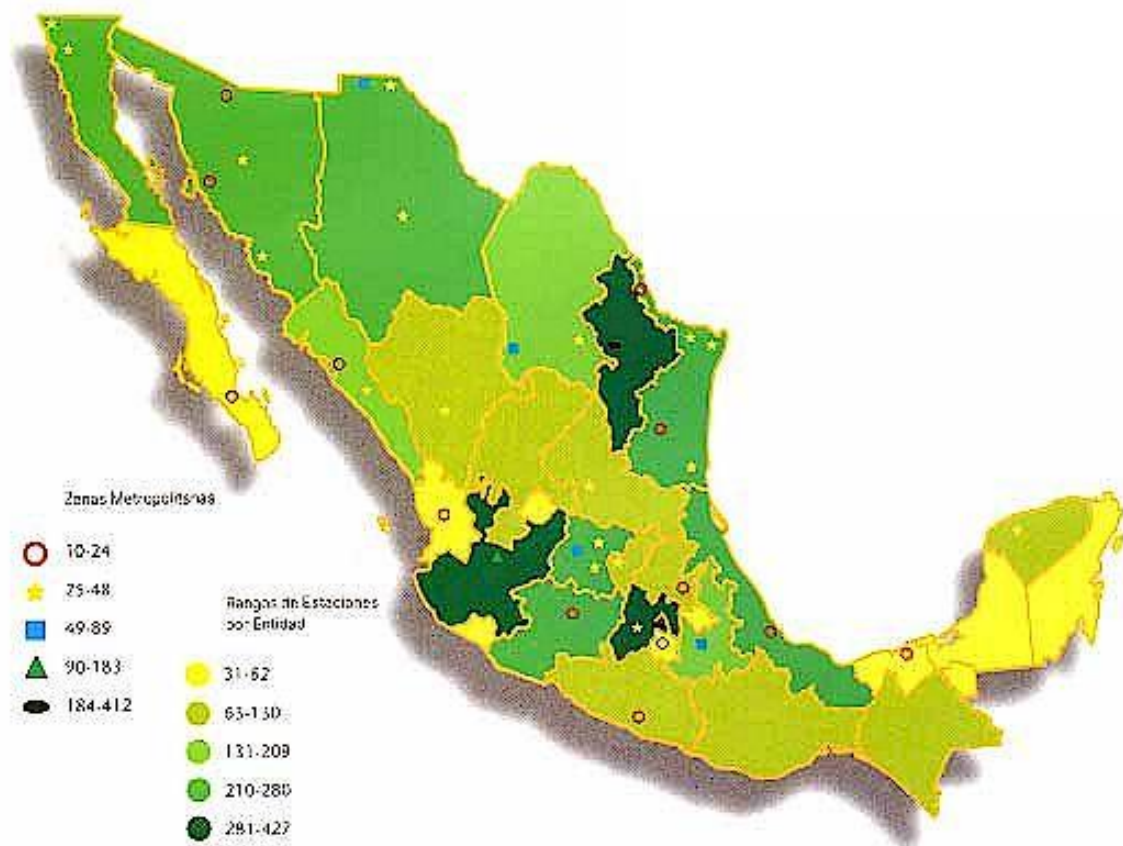


Figura 2.1: Distribución de las estaciones de servicio en la República Mexicana en 1996 de acuerdo a PEMEX REFINACIÓN

El mapa de la figura 2.1 ilustra algunos de los comentarios anteriores, en donde los distintos símbolos indican la concentración de estaciones de servicio y la intensidad del color la correspondiente para el caso de entidades federativas. Destaca sin duda, la alta concentración de estaciones de servicio en el triángulo geográfico México-Monterrey-Guadalajara, y en la franja fronteriza norte.

Conforme al anuario estadístico 2013 de PEMEX REFINACIÓN, la distribución de refinerías y de terminales de almacenamiento y distribución se representan en la figura 2.2, donde se puede ver las ubicaciones geográficas en la república Mexicana.

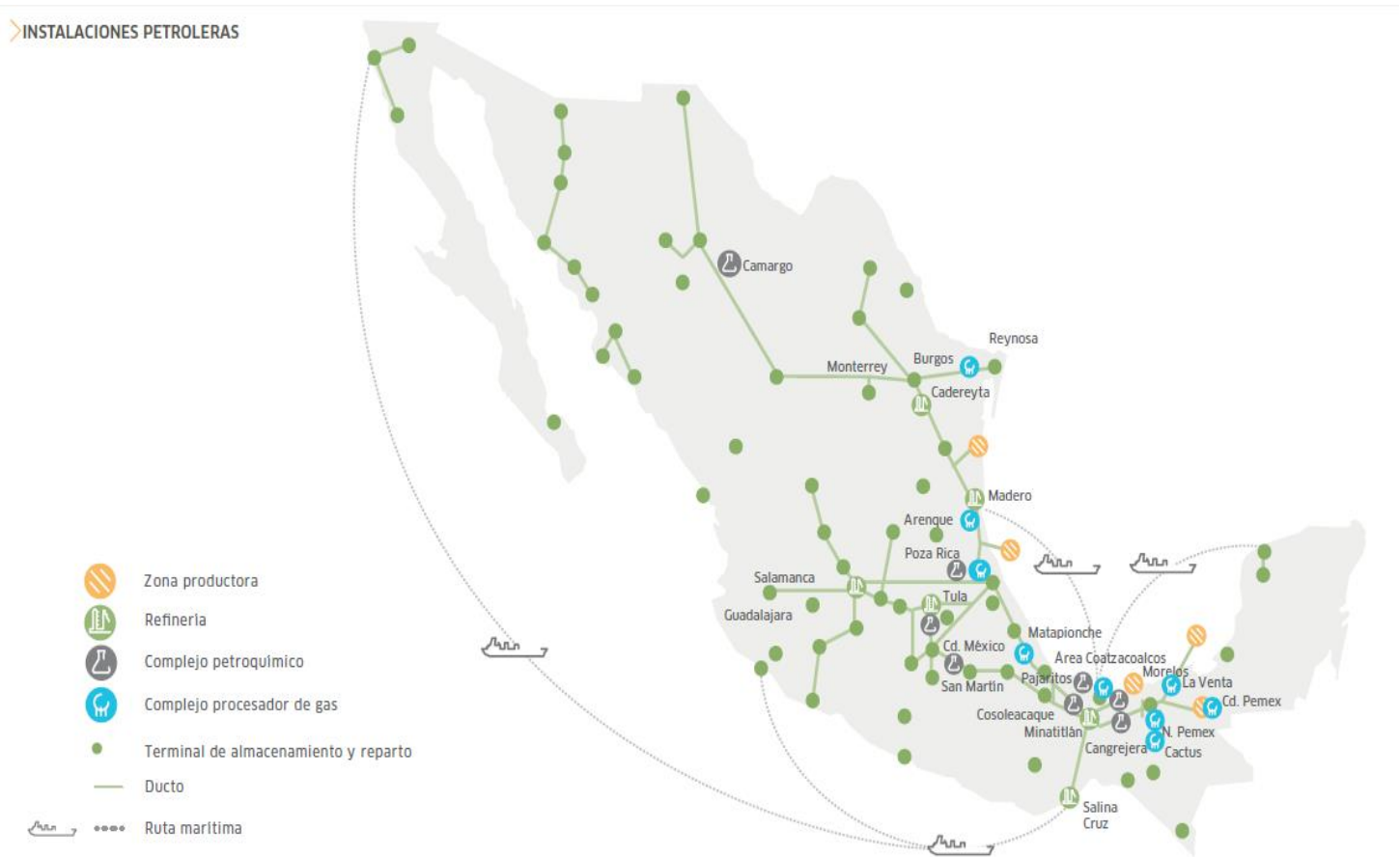


Figura 2.2: Distribución nacional de las refinerías y terminales de almacenamiento y distribución en la República Mexicana, FUENTE: anuario estadístico 2013 de PEMEX REFINACIÓN

La cantidad de combustibles consumidos en la república Mexicana de acuerdo a PEMEX REFINACIÓN en el periodo 2005-2012 se reporta en la tabla 2.1 de la siguiente página, donde las ventas de combustibles Magna y Premium a nivel nacional se presentan en miles de barriles diarios.

AÑO	MAGNA	PREMIUM	TOTAL GASOLINAS	DIESEL
2005	559.6	111.7	671.3	273.4
2006	601.8	116.3	718.1	297.9
2007	658.9	101.3	760.2	314.5
2008	706.2	85.7	791.9	332.0
2009	727.7	64.1	791.8	314.5
2010	743.7	57.8	801.5	325.1
2011	738.6	60.5	799.1	330.6
2012	715.3	87.7	803.0	400.5

Tabla 2.1: Miles de barriles diarios de combustibles consumidos a nivel nacional, fuente Anuario estadístico de Pemex

En dicha tabla se puede analizar, que las ventas del combustible Magna se han incrementado del 2005 al 2012 en una cantidad considerable teniendo un retroceso a casi niveles del año 2008 habiendo un despunte importante de la gasolina Premium en 2012 llegando de nuevo a niveles del año 2008. Las ventas totales en el año 2012 de gasolina magna y premium en total tienen 803,000 barriles diarios. La representación visual relacionada con las ventas en miles de barriles diarios a nivel nacional se representa en la figura 2.3.

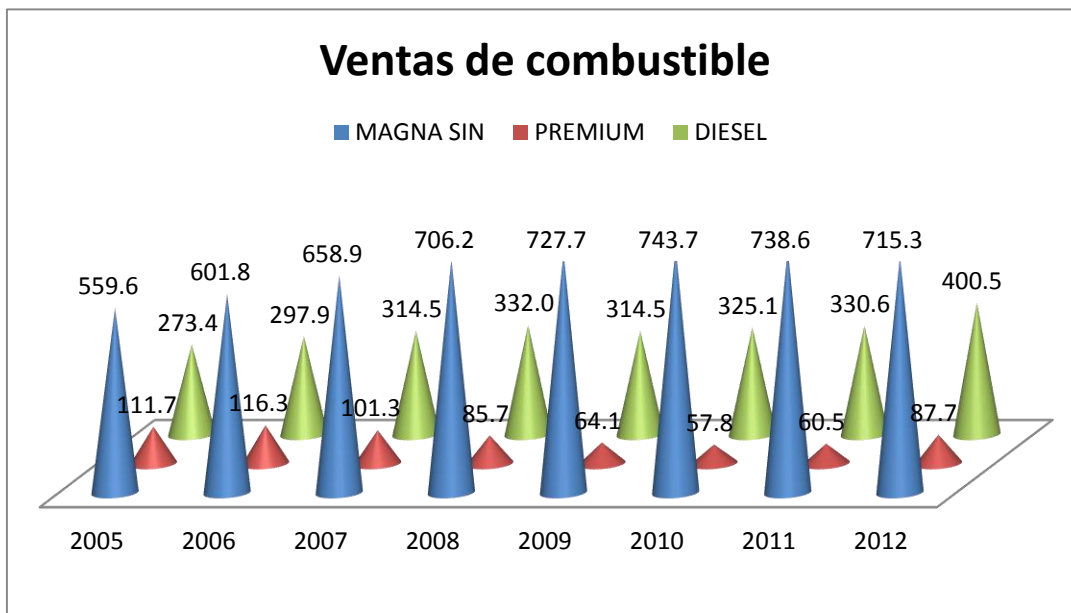


Figura 2.3: Gráfico en miles de barriles diarios comercializados a nivel nacional, fuente Pemex Refinación

En la figura 2.4 se representan los porcentajes de miles de barriles diarios vendidos a nivel nacional, donde se puede observar los incrementos en porcentajes de las ventas de cada uno de los combustibles que comercializa PEMEX REFINACIÓN a nivel nacional del 2005 al 2012.

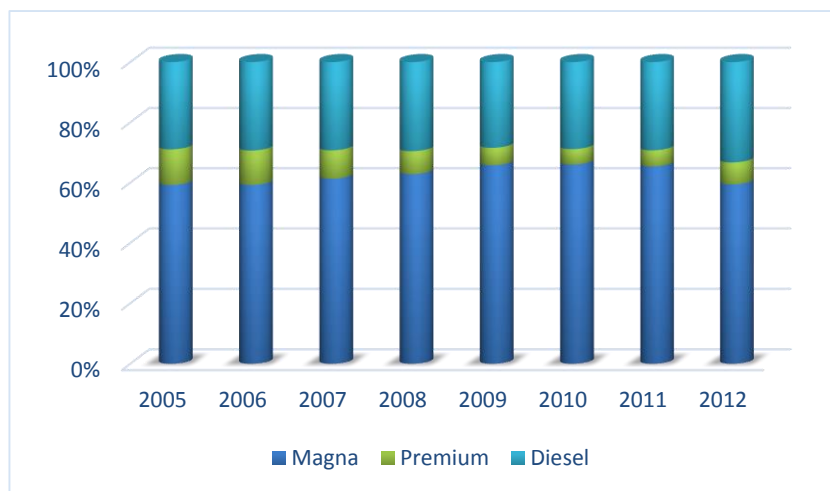


Figura 2.4: Gráfico del porcentaje de las ventas de combustibles, fuente Pemex Refinación

Por lo tanto el producto mayormente comercializado en la república Mexicana es la gasolina Magna, y de acuerdo a su composición química, las gasolinas se comercializan en tres zonas: zona del Valle de México, zona metropolitana de Guadalajara y Monterrey y zona resto del país.

Cada una de ellas tiene una especificación técnica un tanto diferente, y para efecto del estudio se analizarán solo las composiciones de las gasolinas de las zonas valle de México y las del resto del país, por lo que en la tabla 2.2 se presentan las especificaciones técnicas para la gasolina en el valle de México.

Pruebas	Unidades	Métodos ASTM (2)(3)(4)		Especificaciones	
		Oficial	Alternativo	Máxima	Mínima
Índice de Octano, (R+M)/2		D 2699-04a y D 2700-04a			87.0
Contenido de Fósforo	kg/m ³ (g/gal)	D 3231-02		0.001 0.004	
Aromáticos	% vol.	D 1319-03	D 5580-02	25.0	
Olefinas	% vol.	D 1319-03		10.0	
Benceno (BTX)	% vol.	D 3606-04a	D 5580-02 D 6277-99	1.0	
Oxígeno (7)	% peso	D 4815-03	D 5599-00	2.7	1.0
Oxigenados	% vol.	D 4815-03	D 5599-00 D 5845-01		informar
Color		Visual (8)			Rojo (9)
Aditivo Detergente Dispersante	mg/kg (ppm peso)	(10)			165

Tabla 2.2: Especificaciones técnicas del combustible Magna Valle de México, fuente Pemex Refinación

En la tabla 2.3 se presentan las especificaciones técnicas y métodos de prueba para determinar el contenido de cada uno de ellos del combustible Magna comercializado en el resto del país, conforme a información oficial de PEMEX Refinación.

Pruebas	Unidades	Métodos ASTM (2)(3)(4)		Especificaciones	
		Oficial	Alternativo	Máxima	Mínima
Contenido de Fósforo	kg/m ³ g/gal	D 3231-02		0.001 0.004	
Aromáticos	% vol.	D 1319-03	D 5580-02		Informar
Olefinas	% vol.	D 1319-03			Informar
Benceno (BTX)	% vol.	D 3606-04a	D 5580-02 D6277-99	3.0	
Color		Visual (7)			Rojo (8)
Aditivo detergente dispersante	mg/kg (ppm peso)	(9)			165

Tabla 2.3: Especificaciones técnicas del combustible Magna resto del país, fuente Pemex Refinación

De igual forma los combustibles PREMIUM consumidos en el Valle de México contienen las especificaciones y métodos de prueba para determinar su contenido de la tabla 2.4 de acuerdo a información oficial de PEMEX REFINACIÓN.

Pruebas	Unidades	Métodos ASTM (2)(3)(4)		Especificaciones	
		Oficial	Alternativo	Máxima	Mínima
Contenido de Fósforo	kg/m ³ g/gal	D 3231-02		0.001 0.004	
Aromáticos	% vol.	D 1319-03	D 5580-02	25.0	
Olefinas	% vol.	D 1319-03		10.0	
Benceno (BTX)	% vol.	D 3606-04a	D 5580-02 D 6277-99	1.0	
Oxígeno (7)	% peso	D 4815-03	D 5599-00	2.7	1,0
Oxigenados	% vol.	D 4815-03	D 5599-00 D-5845-01		Informar
Color		Visual			Sin anilina
Aditivo detergente dispersante	mg/kg (ppm peso)	(8)			165

Tabla 2.4: Especificaciones técnicas del combustible Premium valle de México, fuente Pemex Refinación

En la tabla número 2.5 se muestran los químicos que contienen los combustibles PREMIUM comercializados en el resto del país.

Pruebas	Unidades	Métodos ASTM (2)(3)(4)		Especificaciones	
		Oficial	Alternativo	Máxima	Mínima
Índice de Octano (R+M)/2		D 2699-04a y D 2700-04a			(7)
Contenido de Fósforo	kg/m ³ g/gal	D 3231-02		0.001 0.004	.
Aromáticos	% vol.	D 1319-03	D 5580-02	35.0	
Olefinas	% vol.	D 1319-03		15.0	
Benceno (BTX)	% vol.	D 3606-04a	D 5580-02 D 6277-99	2.0	
Oxígeno (8)	% peso	D 4815-03	D 5599-00	2.7	
Oxigenados	% vol.	D 4815-03	D 5599-00 D-5845-01		informar
Color		Visual			Sin Anilina
Aditivo detergente dispersante	mg/kg (ppm peso)	(9)			165

Tabla 2.5: Especificaciones técnicas del combustible Premium resto del país, fuente Pemex Refinación

Se observa por lo tanto en las especificaciones técnicas que los combustibles poseen benceno en diferentes cantidades, en la gasolina magna del valle de México el porcentaje máximo del volumen es del 1 %, mientras que en el resto del país es del 3%. De igual forma el porcentaje del volumen máximo en el combustible Premium en el Valle de México es del 1% mientras que en el resto del país es del 2% lo que puede contribuir al incremento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles.

Existen otras variables en la composición de la gasolina que pueden afectar la emisión de contaminantes orgánicos volátiles a la atmósfera. De acuerdo a la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005 las especificaciones de presión de vapor y temperaturas de destilación de las gasolinas que se comercializan en la República Mexicana deben de cumplir las referencias mostradas en la tabla 2.6.

		CLASE DE VOLATILIDAD ⁽¹⁾			
Propiedad	Unidad	AA	A	B	C
Presión de Vapor Reid ⁽²⁾	kPa	45 a 54	54 a 62	62 a 69	69 a 79
	(lb/pulg ²)	(6.5 a 7.8)	(7.8 a 9.0)	(9 a 10.0)	(10 a 11.5)
Temperatura máxima de destilación del 10%	°C ⁽³⁾	70	70	65	60
Temperatura de destilación del 50%	°C	77 a 121	77 a 121	77 a 118	77 a 116
Temperatura máxima de destilación del 90%	°C	190	190	190	185
Temperatura máxima de ebullición final	°C	225	225	225	225
Residuo de la destilación, valor máximo	% vol	2	2	2	2

Tabla 2.6: Especificaciones de presión de vapor y temperaturas de destilación de las gasolinas, fuente NOM-086

La gasolina se procesa con diferentes compuestos volátiles dependiendo de las temperaturas de cada región del país. En la misma norma se especifican las diferentes zonas geográficas de distribución de gasolina, las cuales se muestran en la tabla 2.7.

Noreste	CE Cadereyta, TAD: Cd. Juárez, Chihuahua, Durango, Gómez Palacio, Matehuala, S.L.P., Santa Catarina, Sat. Monterrey, N. Laredo, Reynosa, Sabinas, Saltillo, Parral.
Centro-NE	TAD Cd. Madero, Cd. Mante, Cd. Valles, Cd. Victoria, Poza Rica, San Luis Potosí
Sureste	Campeche, Escamela, Jalapa, Mérida, TAD Pajaritos, Ver., Perote, Suptcia. Veracruz, CE Progreso, Puebla, Tehuacán, Tierra Blanca, Veracruz, Villahermosa, Tabasco.
Bajío	Aguascalientes, El Castillo, El Salto, Irapuato, León, Morelia, Uruapan, Zacatecas, Zamora, Tepic.
Centro	TAD Cuautla, Cuernavaca, Iguala, Pachuca, Toluca, Celaya, Querétaro. TAD 18 de Marzo Azcapotzalco, TS. Oriente A., TS Sur Barranca del Muerto, TS Norte S. Juan Ixhuatepec, Tula.
Pacífico	Z1 Acapulco, Colima, Lázaro Cárdenas, Manzanillo Term., Oaxaca, Oax., Salina Cruz, Tapachula, Tuxtla Gutiérrez
	Culiacán, Mazatlán
	Z2 Guamúchil Suptcia. V., Guaymas, La Paz, Navojoa, Topolobampo.
	Z3 Cd. Obregón, Ensenada, Hermosillo, Magdalena, Mexicali, Nogales, Rosarito (Tijuana).
Z4	

(1) CTT (Centro de Transportación Terrestre)

CE (Centro Embarcador)

TAD (Terminal de Almacenamiento y Distribución)

TS (Terminal Satélite)

Tabla 2.7: Zonas geográficas de distribución de gasolina, fuente NOM-086

De igual forma la volatilidad de la gasolina difiere conforme a los diferentes meses del año como lo especifica también la norma. Dicha variable se muestra en la tabla 2.8.

MES	Noreste	Centro-Noreste	Sureste	Bajo	Pacífico				Centro	ZMVM y ZMG	Monterrey
					Z1	Z2	Z3	Z4			
Enero	C-3	C	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C
Febrero	C-3	C	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C
Marzo	B-2	B	B	B	B	B	B	B	B	AA-2	B
Abril	B-2	B	B	B	B	B	B	B	B	AA-2	B
Mayo	B-2	B	A	B	A	B	B	B	B	AA-2	B
Junio	A-1	A	A	A	A	A	A	A	A	AA-2	B
Julio	A-1	A	A	A	A	A	A	A	A	AA-3	B
Agosto	A-1	A	A	A	A	A	A	A	A	AA-3	B
Septiembre	B-2	B	A	B	A	A	A	A	B	AA-3	B
Octubre	B-2	B	B	B	B	B	B	B	B	AA-3	C
Noviembre	C-3	B	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C
Diciembre	C-3	C	B	C	B	B	B	B	C	AA-3	C

Tabla 2.8: Clase de volatilidad de las gasolinas de acuerdo a las diferentes épocas del año, fuente NOM-086

Por lo tanto lo que especifica la normatividad para la ciudad de Puebla son dos tipos de volatilidad durante el año que son las pertenecientes a la zona Sureste, donde durante 7 meses se tiene la volatilidad B y 5 meses la volatilidad A.

2.2 La evaporación de la gasolina

Una propiedad física de los líquidos es presentar una expansión o disminución en su volumen al aumentar o disminuir la temperatura; por consiguiente, esta característica física se presenta invariablemente en los combustibles gasolina y diesel que se comercializan en el país. Otra propiedad física importante de estos compuestos es la volatilidad la cual es necesaria debido a que si no es suficientemente volátil el encendido del motor se dificulta, la temperatura del motor se reduce generando que la distribución del carburante en el cilindro no sea homogénea y se incrementen los depósitos en el motor. Por el contrario si es muy volátil se vaporiza rápidamente y ebulle en las bombas que la transportan al carburador o inyector, pudiendo causar que se pierda poder y el motor se “ahogue”.

Esta característica de la gasolina permite que a temperatura ambiente se generen emisiones evaporativas, siendo un factor de pérdida de volumen durante el proceso de carga en la Terminal de Almacenamiento y Reparto, en el transporte a la Estación de Servicio, durante la descarga, el tiempo de almacenamiento en el tanque en la Estación de Servicio y durante la operación de suministro al consumidor final. Dicha característica se mide o determina por medio de la presión de vapor Reid.

Para la determinación de la presión de vapor de un hidrocarburo líquido se utiliza el método de prueba ASTM-D- 323, denominado Presión de Vapor Reid (PVR) y su objetivo es determinar si el hidrocarburo líquido almacenado en un tanque atmosférico vaporizará o no cuando su temperatura se eleve a 37.8°C (100° F); la prueba PVR es una presión de vapor verdadera (PVV).

En las especificaciones de Pemex, de gasolinas Magna y Premium, se indican los valores de la Presión de Vapor Reid (PVR) por mes y zona geográfica; en invierno la formulación de las gasolinas se modifica para incrementar la presión de vapor con el objeto de facilitar el arranque y funcionamiento adecuado de los vehículos automotores. Dichos cambios en la presión de vapor generan distintos grados de evaporación que se traducen en desperdicios o mermas en las estaciones de servicio, las cuales durante un tiempo fueron contempladas y aprobadas en la ley federal de ingresos por el gobierno federal para compensar económicamente a los empresarios. Estos cambios por lo tanto, han disminuido últimamente los ingresos y utilidades de los concesionarios.

De acuerdo a un análisis técnico solicitado por la ONEXPO (Organización Nacional de Expendedores de Petróleo A.C.) [4] fechado el 9 de octubre de 2013, documentan que con el objeto de atender las quejas y reclamos de los propietarios de Estaciones de Servicio respecto a diferencias en contra entre el volumen facturado y el suministrado por Pemex en 1997 la ONEXPO solicitó al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), brazo tecnológico de Pemex, un estudio técnico experimental para calcular las pérdidas por evaporación de gasolinas Magna y Nova durante el proceso de carga, transporte, estadía y descarga en la Estación. El estudio dio como resultado un porcentaje de merma en el volumen de las gasolinas. Con base en esos resultados, Pemex tramitó ante las autoridades hacendarias el reconocimiento de ese volumen de merma de producto, mismo que fue autorizado para su aplicación en factura en un porcentaje de 0.74%, con el objeto de mantener en sus Franquiciatarios el margen comercial correspondiente pactado contractualmente. Cabe mencionar que este estudio no contempló el combustible diesel. En el 2001 Pemex solicitó al IMP la actualización del estudio considerando los productos Pemex Magna, Pemex Premium y Pemex Diesel, el estudio ratificó la merma en volumen en

gasolinas y reportó también merma volumétrica en el combustible diesel. De esta forma se autorizó mantener la aplicación del 0.74% de merma en gasolinas aplicándose en factura, sin embargo no se reconoció la merma en el combustible diesel.

Con el objeto de mantener soportada la aplicación de esta diferencia volumétrica, en 2011 nuevamente Pemex solicitó al IMP la revisión y actualización del estudio del factor de merma, ratificándose el resultado de que tanto en gasolinas como en combustible diesel se presentan mermas entre el volumen facturado y el suministrado en la Estación de Servicio. A la fecha del análisis técnico se mantiene la aplicación del porcentaje de merma de 0.74% en gasolinas y no se reconoce la merma en el combustible diesel.

En el mismo análisis se especifican los siguientes parámetros que inciden en la merma del volumen de gasolinas y diesel.

- Temperatura: durante la carga en la Terminal de Almacenamiento y Reparto y a la descarga en la Estación de Servicio, tanto para gasolinas como diesel.
- Precisión del dispositivo: exactitud del medidor a la carga en la terminal.
- Evaporación: principalmente gasolinas durante el llenado del camión cisterna en terminal y descarga en la Estación de Servicio, transporte y estadía en el trayecto a la Estación.
- Adhesión: combustible que queda impregnado en la pared del camión cisterna.

En conclusión este análisis solicitado por la ONEXPO determina que “conforme a los estudios experimentales llevados a cabo por parte del IMP, se concluye que en las gasolinas, los factores principales que influyen en la merma durante el ciclo de comercialización de los combustibles automotrices que se expenden a través de la red nacional de Estaciones de Servicio, son la temperatura y la evaporación; en lo que corresponde al diesel el factor principal de la merma es la temperatura.”

Dicha merma fue reconocida en la Ley Federal de Ingresos de la federación desde el año 2001 al 2013 en su artículo 7° apartado VII donde se especifica “*Petróleos Mexicanos descontará de su facturación a las estaciones de servicio por concepto de mermas hasta el 0.74 por ciento del valor total de las enajenaciones de gasolina que realice a dichas estaciones de servicio.*” En el año 2014 este porcentaje de merma no fue reconocido por lo menos en dicha ley.

Por lo tanto la federación reconoce de manera oficial que las estaciones de servicio tienen un porcentaje de evaporación de la gasolina de 0.74% debido a la relación directa que existe entre el precio

de litro de la gasolina y los litros vendidos por las estaciones de servicio. En otras palabras por cada 1,000 litros de gasolina el porcentaje de evaporación aprobado por la federación en México corresponde a 7.4 litros.

El porcentaje de evaporación reconocido oficialmente en España está documentado en el real decreto 2102/96 acordado el 20 de septiembre de 1996 y emitido en el Boletín Oficial del Estado (BOE) el sábado 26 de septiembre de 1996 sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes de almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio. Dicho decreto reconoce en su artículo cuarto cláusula 1 *“que el objetivo de dichos requisitos es reducir la pérdida anual total de gasolina resultante de la carga y descarga de depósitos móviles en las terminales por debajo del valor de referencia objetivo del 0.005% en peso de las salidas”*.

En su artículo 6 cláusula 1 especifica *“el objetivo de dichos requisitos es reducir la pérdida total anual de gasolina resultante de la carga de las instalaciones de almacenamiento de las estaciones de servicio por debajo del valor de referencia objetivo del 0.01% en peso de salida”*.

La comunidad europea por medio de la directiva 94/63/CE del Parlamento Europeo y del Consejo emitida el 20 de diciembre de 1994 en el diario oficial número L365 del 31 de diciembre de 1994, sobre el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) resultantes del almacenamiento y distribución de gasolina desde las terminales a las estaciones de servicio. Dentro de dicha directiva justifican la emisión de dichas directrices especificando lo siguiente:

“Considerando que, de no adoptar medidas de control, las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de las gasolina y disolventes serían del orden de los 10 millones de toneladas anuales en la Comunidad; que las emisiones de COV contribuyen a la formación de oxidantes fotoquímicos como el ozono, que en grandes concentraciones puede afectar a la salud humana y dañar la vegetación y los materiales; que ciertas emisiones de COV de la gasolina están calificadas de tóxicas, carcinógenas o teratógenas.

Considerando que la Comunidad firmó el 2 de abril de 1992 el Protocolo del Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, relativo a la lucha contra las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) o sus flujos transfronterizos, que prevé una reducción considerable de las emisiones de COV.

Considerando que, dentro de la estrategia de reducción general de las emisiones de COV en la Comunidad, se dio un paso importante con la adopción de la Directiva 91/441/CEE, de 26 de junio de 1991, por la que se modifica la Directiva 70/220/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre medidas contra la contaminación atmosférica provocada por los gases de escape de los vehículos de motor (5), que pretende reducir en un 80 o 90 % a lo largo de un período de diez a quince años las emisiones a la atmósfera de COV de los gases de escape y las emisiones de vapores de los vehículos de motor, que suponen aproximadamente el 40 % de las actuales emisiones de COV de origen humano a la atmósfera; que, al adoptar la citada Directiva, se solicitó a la Comisión que presentara una propuesta de Directiva sobre las medidas encaminadas a reducir las pérdidas por evaporación en cada fase del proceso de almacenamiento y distribución de carburantes para vehículos de motor.

Considerando que las emisiones comunitarias de COV del sistema de almacenamiento y distribución de gasolina ascienden a unas 500 000 toneladas anuales, lo que representa el 5 % del total de las emisiones actuales de COV de origen humano en la Comunidad; que estas emisiones suponen una importante contribución a la contaminación atmosférica, especialmente en zonas urbanas.

Considerando que las técnicas disponibles pueden garantizar una reducción considerable de las pérdidas por evaporación del sistema de distribución de gasolina, en particular a través de la recuperación de vapores de COV desplazados.

Considerando que deben adoptarse otras medidas para reducir las emisiones de vapores durante las operaciones de repostado en las estaciones de servicio, que en la actualidad ascienden a unas 200 000 toneladas anuales, controlando de este modo todas las emisiones de vapores durante la distribución de gasolina.”

La comunidad europea estima la emisión de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera en las siguientes cláusulas del decreto.

“Artículo 3 Instalaciones de almacenamiento de las terminales: el diseño y el funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento se ajustarán a los requisitos técnicos del Anexo I. El objetivo de dichos requisitos es reducir la pérdida total anual de gasolina resultante de la carga y almacenamiento en las instalaciones de almacenamiento de las terminales por debajo del valor de referencia objetivo del 0.01% en peso de la salida”.

“Artículo 4 Carga y descarga de depósitos móviles en las terminales: el objetivo de dichos requisitos es reducir la pérdida total anual de gasolina resultante de la carga y descarga de depósitos móviles en las terminales por debajo del valor de referencia objetivo del 0,005% en peso de las salidas”.

“Artículo 6 Carga de las instalaciones de almacenamiento de las estaciones de servicio: El diseño y el funcionamiento de las instalaciones de carga y almacenamiento se ajustarán a los requisitos técnicos del Anexo III. El objetivo de dichos requisitos es reducir la pérdida total anual de gasolina resultante de la carga de las instalaciones de almacenamiento de las estaciones de servicio por debajo del valor de referencia objetivo del 0,01 % en peso de la salida”.

En resumen el porcentaje de evaporación se puede resumir en la tabla 2.9.

País	Porcentaje
México	0.740%
Comunidad Europea	0.025%
España	0.015%

Tabla 2.9: Resumen del porcentaje de mermas aprobadas por los gobiernos

CAPÍTULO III: Inventarios de emisiones a la atmósfera

3.1 Los inventarios

La calidad del aire en una zona determinada, además de ser afectada por elementos climáticos y geográficos, está relacionada directamente con el volumen y características de los contaminantes emitidos tanto local como regionalmente. Un componente indispensable para el diseño y la aplicación de cualquier programa para controlar el problema de la contaminación del aire es la información sobre las principales fuentes de contaminantes atmosféricos y los volúmenes emitidos.

De acuerdo a la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) los antecedentes de los inventarios de emisiones en México se remontan al año 1988, cuando se implementó el Sistema Nacional del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas, así como el estudio encaminado a cuantificar las emisiones en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Siete años más tarde se inició un programa para incrementar la capacidad de México en la elaboración de inventarios de emisiones, el cual se amplió en 2001 orientándose a la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM). El desarrollo del INEM constó de tres fases: I) planeación, II) desarrollo del inventario para seis estados del norte y III) los inventarios de los estados restantes. Los resultados de la segunda fase fueron publicados en 2005 con los datos del Inventario de Emisiones de los Estados de la Frontera Norte de México de 1999, que incluyó información sobre las emisiones en Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas (Semarnat, 2005; INE, Semarnat, 2005). En el año 2006 se publicó el primer Inventario Nacional de Emisiones, que incluye información del año 1999, desagregada por fuente de emisión de contaminantes y para todos los estados y municipios del país (INE, Semarnat, 2006). En el año 2011 se publicó el más reciente INEM con datos de 2005, el cual presenta la estimación de las emisiones de contaminantes por fuente, por estado y municipio. La información de los INEM se concentra en el Subsistema del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera de México (SINEA).

En el primero, segundo y tercer inventario de emisiones a la atmósfera de 1999, 2005 y 2008 respectivamente, los contaminantes incluidos en el INEM son seis: óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$) y amoníaco (NH_3) ya que algunos de ellos son precursores de contaminantes secundarios. En dicho estudio el INEM incluye las emisiones calculadas para cinco tipos de fuentes de emisión, a saber: fuentes fijas, fuentes de área, vehículos automotores, fuentes móviles que no circulan

por carreteras y fuentes naturales. Las diferentes actividades consideradas en cada una de ellas se explican a continuación.

3.1.1 Clasificación de las fuentes contaminantes

La clasificación de los contaminantes que ha realizado el INEM en los inventarios atmosféricos se subdividen de la siguiente manera:

Fuentes fijas. Son los establecimientos industriales estacionarios, regulados por la SEMARNAT o las autoridades ambientales estatales o municipales correspondientes.

Fuentes de área: Esta categoría incluye pequeños establecimientos industriales que no se clasifican como fuentes fijas. Incluye actividades dispersas, como el lavado en seco y el uso comercial y doméstico de solventes, y también fuentes fugitivas de partículas suspendidas, por ejemplo, las actividades de labranza, los vehículos que circulan en caminos no pavimentados y el polvo transportado por el viento. Asimismo, las fuentes de área incluyen vehículos como locomotoras, aeronaves y embarcaciones marítimas comerciales.

Vehículos automotores: Corresponden a las emisiones del escape de los vehículos automotores que circulan por carreteras y calles pavimentadas, incluidos automóviles particulares, motocicletas, taxis, microbuses, autobuses y camiones de carga pesada que utilizan ya sea diesel o gasolina.

Fuentes móviles que no circulan por carreteras: corresponden a las emisiones de maquinaria agrícola y de construcción.

Fuentes naturales. Esta categoría incluye las emisiones naturales de COV generadas por la vegetación, de NO_x provenientes de los suelos, y de SO₂ y PM producidas por la actividad volcánica. Esta fuente se subdivide en fuentes biogénicas o geogénicas. Las primeras incluyen las emisiones de COV producidas por los bosques y los cultivos así como las emisiones de NO_x provenientes del suelo. Las fuentes geogénicas son de orden geológico tales como: volcanes, géiseres, manantiales de aguas sulfurosas y emanaciones de aceite que suelen registrarse en ambientes marinos.

Conforme a esta clasificación la fuente razón de este documento es la fuente de área, debido a que en esta clasificación están consideradas las emisiones de COV a la atmósfera por evaporación de combustibles. Las fuentes emitidas por vehículos automotores no serán parte de este estudio debido a que el INEM considera en este rubro todos los contaminantes de los vehículos que se encuentran en

movimiento y tomando en cuenta que los autos se encuentran detenidos cuando recargan combustible en las estaciones de servicio, esta clasificación no se considerará.

3.2 Inventario de emisiones de 1999

El resumen del resultado del inventario se presenta en la tabla 3.1, donde se muestra la cantidad de emisiones a la atmósfera por la categoría de la fuente. Destacó de manera relevante las emisiones de COV's por fuentes biogénicas con un 87.03% siendo la segunda fuente de emisiones de COV el uso comercial y doméstico de solventes (pinturas, lavado en seco) con el 3.86 %. La tercera los vehículos automotores en ruta con una emisión del 2.86 %, la cuarta la distribución de combustibles con el 2.11% mientras que otros usos de combustibles (principalmente combustión doméstica de leña) generó el 2.10 %. En la tabla 3.2 se muestra el resultado de las emisiones por fuentes de área donde la emisión de COV por distribución de gasolina se puede visualizar fue de 91,559.2 t anuales de 1,743,587.2 t totales. En la figura 3.1 se muestra el porcentaje de emisiones de COV de las fuentes de área donde del total de emisiones en 1999 la distribución de combustibles contribuyó en un 5% del total de las emisiones según el inventario anual de emisiones. Las mayores fuentes de emisiones de COV's fueron la combustión de la leña, el uso comercial y doméstico de solventes y la distribución de gas LP con un porcentaje de 22%, 20% y 19% respectivamente.

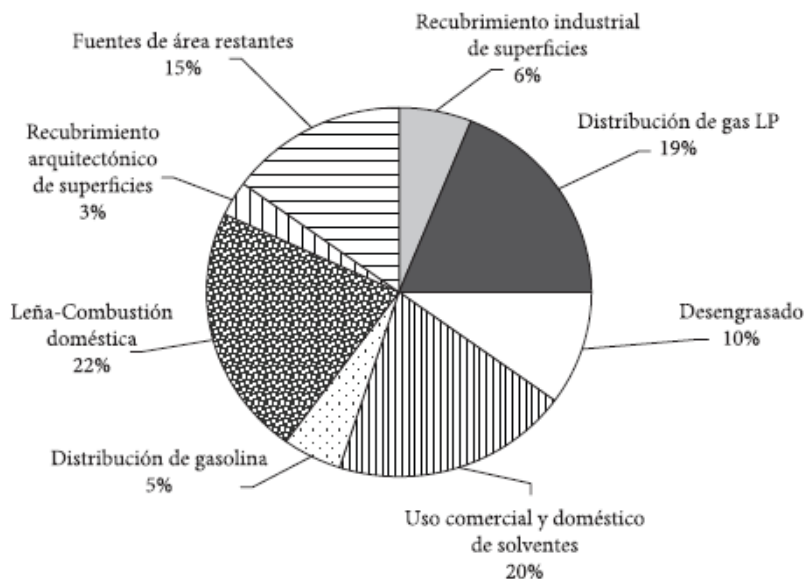


Figura 3.1: Porcentaje de COV de cada fuente de área

CATEGORÍA DE FUENTE	EMISIONES (MG/AÑO)						
	NO _x	SO _x	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
Minería	30,323.7	147,108.2	27,977.6	45,983.7	32,427.6	15,538.0	
Plantas de generación de electricidad	259,833.8	1,604,849.2	11,394.4	25,310.8	79,508.3	62,884.7	
Refinación de petróleo y otros combustibles fósiles	39,078.3	389,056.5	55,074.0	19,765.9	18,516.8	13,043.7	
Manufactura y otros procesos industriales	119,537.0	492,580.8	105,981.4	76,433.7	166,802.8	107,560.5	
Otros servicios	50.9	276.1	80.4	8.4	20.9	14.7	
Comercialización al mayoreo de bienes perecederos	50.7	64.3	47,347.2	109.1	11.8	8.6	
Combustión industrial de combustibles	53,286.9	189,420.7	8,953.0	48,233.5	14,438.3	11,231.4	
Otros usos de combustibles	89,276.8	3,051.3	421,282.5	1,993,769.1	227,681.5	219,218.1	
Distribución de combustible			423,658.5				
Uso de solventes			773,944.0				
Incendios y quemas	9,174.4	537.5	54,943.7	402,537.2	58,689.1	53,627.7	
Polvo fugitivo					127,703.9	27,279.1	
Fuentes de amoniaco							1,297,832.5
Otras fuentes de área	124,582.5	1,632.2	60,805.6	56,312.2	10,740.4	9,012.9	
Vehículos automotores en ruta	435,664.7	24,452.8	573,042.4	4,671,841.8	20,567.5	18,844.9	7,609.4
Fuentes móviles que no circulan por carreteras	263,767.8	3,485.9	35,169.1	153,603.5	37,240.1	36,122.9	
Fuentes biogénicas	1,018,613.2		17,443,902.4				
Fuentes geogénicas		2,606,550.0			1,954,913.0	390,983.0	
Total	2,443,240.7	5,463,065.5	20,043,556.2	7,493,908.9	2,749,262.0	965,370.2	1,305,441.9

Tabla 3.1: Resumen de resultados del inventario nacional de emisiones de México 1999

CATEGORÍAS DE FUENTES DE ÁREA	EMISIONES ANUALES (Mg/año)						
	NO _x	SO _x	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
Destilados – Combustión industrial	2,562.1	637.1	21.4	533.8	106.8	25.6	
Destilados – Combustión comercial	235.2	61.9	4.0	58.8	12.9	9.9	
Residuales – Combustión industrial	10,721.3	132,466.1	63.9	1,140.6	7,300.1	4,753.5	
Residuales – Combustión comercial	5,233.3	56,173.2	107.5	475.8	589.9	218.8	
Gas LP – Combustión industrial	709.5	1.4	12.6	120.8	21.1	21.1	
Gas LP – Combustión comercial	4,470.8	11.8	110.2	618.6	140.9	140.9	
Gas LP – Combustión doméstica	22,552.6	59.7	556.1	3,120.3	710.6	710.6	
Gas LP – Combustión agrícola	91.4	0.2	2.3	12.6	2.9	2.9	
Gas LP – Combustión para el transporte	44,927.0		27,679.5	278,881.3			
Gas natural – Combustión industrial	28,403.6	60.9	557.9	8,521.1	771.0	771.0	
Gas natural – Combustión comercial	304.7	1.8	16.8	255.9	23.2	23.2	
Gas natural – Combustión doméstica	872.0	5.6	51.0	371.1	70.5	70.5	
Diáfano (queroseno) – Combustión industrial	28.2	6.4	0.2	5.9	1.2	0.3	
Diáfano – Combustión doméstica	69.5	19.2	2.7	19.3	0.8	0.6	
Diáfano – Combustión agrícola	2.6	0.6	0.0	0.7	0.1	0.1	
Leña – Combustión doméstica	20,761.8	2,966.0	392,990.8	1,711,363.9	226,896.6	218,433.4	
Locomotoras	43,488.5	386.5	1,640.1	4,295.8	1,080.0	970.3	
Aeronaves	4,372.5	343.4	2,048.1	7,423.9			
Embarcaciones marítimas comerciales	76,095.8	902.4	669.4	7,496.6	1,866.5	1,821.8	
Cruces fronterizos	339.7		1,998.3	21,579.5			
Distribución de gasolina			91,559.2				
Distribución de gas LP			332,099.3				
Recubrimiento industrial de superficies			104,518.4				
Desengrasado			167,019.5				
Recubrimiento arquitectónico de superficies			49,453.8				
Pintado de carrocerías			23,492.2				
Uso comercial y doméstico de solventes			346,607.7				
Lavado en seco			12,666.9				
Artes gráficas			35,835.0				
Pintura para señalización vial			3,031.8				
Asfaltado			7,756.0				
Panaderías			12,185.4				

Tabla 3.2: Emisión de contaminantes de cada una de las fuentes de área, inventario 1999 continúa...

CATEGORÍAS DE FUENTES DE ÁREA	EMISIONES ANUALES (MG/AÑO)						
	NO _x	SO _x	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
Tratamiento de aguas residuales			41,263.2				
Labranza agrícola					109,865.9	24,357.3	
Quemas agrícolas			14,672.4	148,568.8	13,975.4	13,327.4	
Amoníaco de las actividades ganaderas							1,044,239.4
Aplicación de fertilizantes							154,968.0
Aplicación de plaguicidas			23,562.9				
Corrales de engorda de ganado					8,390.5	958.2	
Ladrilleras	618.2		8,058.5	36,502.4	5,471.4	5,267.2	
Asado al carbón y vendedores ambulantes	286.0		1,001.1	15,516.3	7,793.9	6,220.8	
Quema de residuos a cielo abierto	3,225.0	537.5	4,598.8	45,687.3	20,424.9	18,704.9	
Incendios forestales	5,942.3		35,653.8	207,980.5	24,269.8	21,577.7	
Incendios de construcciones	7.2		18.6	300.6	18.9	17.7	
Actividades de construcción					9,447.5	1,963.7	
Emisiones domésticas de amoníaco							98,625.1
Total	276,320.6	194,641.7	1,743,587.2	2,500,852.1	439,253.3	320,369.2	1,297,832.5

Tabla 3.2: (continuación) Emisión de contaminantes de cada una de las fuentes de área, inventario 1999

De acuerdo al inventario nacional de emisiones del año 2005 y del año 2008 de la página de internet de la SINEA, las toneladas anuales por tipo de fuente se muestran en las tablas 3.3 y 3.4.

Año	Fuente	NO _x	SO ₂	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
2005	AREA	338,805.05	248,322.66	1,827,680.08	2,508,365.44	524,270.58	361,586.40	932,488.34
2005	FIJAS	597,128.75	2,824,873.52	273,832.32	1,047,536.23	270,767.79	220,769.77	43,628.81
2005	MOVILES	1,848,486.82	28,455.68	3,062,142.42	38,419,087.29	16,201.00	11,824.06	21,190.95
2005	NATURALES	1,752,916.36		14,009,227.81				
2005		4,537,336.98	3,101,651.86	19,172,882.64	41,974,988.96	811,239.36	594,180.23	997,308.11

Tabla 3.3: Resumen de resultados del inventario nacional de emisiones de México 2005

Año	Fuente	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOX	COV	NH3	Carbón Negro
2008	AREA	541,559.68	384,840.75	23,428.67	2,662,646.97	427,627.06	3,136,055.42	772,996.69	44,266.49
2008	FIJAS	211,603.33	146,190.42	2,171,659.47	629,808.07	550,228.94	263,754.53	28,669.99	17,646.34
2008	MOVILES	45,834.51	40,007.82	46,123.48	29,743,648.48	2,231,967.96	2,628,250.31	62,238.84	16,303.54
2008	NATURALES	.00	.00	.00	.00	1,677,617.59	10,490,032.50	.00	.00
2008		798,997.52	571,038.98	2,241,211.62	33,036,103.53	4,887,441.56	16,518,092.76	863,905.52	78,216.38

Tabla 3.4: Resumen de resultados del inventario nacional de emisiones de México 2008

Como se observa las cantidades de emisiones a la atmósfera totales de COV decrecieron en los últimos tres años, las emisiones se mantuvieron constantes de 1999 al 2005 con un total de 20'000,000.00 t por año prácticamente, pero en 2008 su decremento fue importante emitiéndose un total de 16'518,092.76 t, reducción debida en gran medida por la disminución de fuentes naturales en una cantidad de 3'519,195.31 t. Esta tendencia no se reflejó en los COV emitidos por las fuentes de área, ya que en 2008 se incrementaron en un 71.59% acercándose casi al doble de emisiones en comparación con el 2005. El detalle de los conceptos considerados como fuente de área se muestran en las siguientes dos páginas en las tablas números 3.5 y 3.6 en donde se puede identificar que el incremento tan importante se debió a que se emitió en 2008 una cantidad de 1'318,298.31 t demás debido a la combustión doméstica de leña de acuerdo al detalle de dicha información.

En esa misma información se muestra que las emisiones por concepto de manejo y distribución de gasolina y diesel en 2008 contabilizaron un total de 58,808.67 t siendo ligeramente superior a la del 2005 por un total de 277.7 t que representa solo un pequeño incremento del 0.47%.

Año	Fuente	Clave Categoría	Categoría	NO _x	SO ₂	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
2005	AREA	FA0101	Combustión industrial	64,138.64	225,303.30	1,027.67	15,992.03	13,569.86	9,172.81	
2005	AREA	FA0102	Combustión comercial	6,920.16	14.47	134.41	1,378.03	219.34	219.34	
2005	AREA	FA0103	Combustión agrícola	208.47	.40	3.72	35.50	6.19	6.19	
2005	AREA	FA0104	Combustión doméstica	68,260.81	3,535.19	453,868.87	1,980,652.37	262,928.16	252,465.24	
2005	AREA	FA0201	Artes gráficas			42,673.70				
2005	AREA	FA0202	Asfaltado			10,744.83				
2005	AREA	FA0203	Lavado en seco			18,783.88				
2005	AREA	FA0204	Pintado automotriz			19,675.98				
2005	AREA	FA0205	Pintura para señalización vial			2,924.85				
2005	AREA	FA0206	Recubrimiento de superficies en la industria			59,975.78				
2005	AREA	FA0207	Recubrimiento de superficies arquitectónicas			213,899.96				
2005	AREA	FA0208	Uso comercial y doméstico de solventes			323,794.18				
2005	AREA	FA0209	Limpieza de superficies industriales			166,633.44				
2005	AREA	FA0301	Manejo y distribución de gas LP			282,813.76				
2005	AREA	FA0302	Manejo y distribución de gasolina y diesel			58,530.57				
2005	AREA	FA0401	Actividades de construcción					23,060.86	4,793.20	
2005	AREA	FA0402	Asados al carbón	302.94		1,060.28	16,434.32	8,255.03	6,588.87	
2005	AREA	FA0403	Panificación			5,737.39				
2005	AREA	FA0501	Aplicación de fertilizantes							170,774.41
2005	AREA	FA0502	Aplicación de plaguicidas			18,415.49				
2005	AREA	FA0503	Corrales de engorda					5,870.66	670.43	
2005	AREA	FA0504	Emisiones ganaderas de amoníaco							507,551.90
2005	AREA	FA0505	Labranza					149,558.61	33,157.14	
2005	AREA	FA0601	Aguas residuales			97,056.15				
2005	AREA	FA0701	Incendios en construcciones	5.49		14.30	230.51	14.52	13.56	
2005	AREA	FA0702	Incendios forestales	10,882.05	3,380.12	24,151.75	345,795.03	35,198.98	29,864.03	3,734.57
2005	AREA	FA0703	Emisiones domésticas de amoníaco							249,427.49
2005	AREA	FA0704	Esterilización de material hospitalario			44.47				
2005	AREA	FA0705	Cruces fronterizos	122.89	8.89	759.98	6,014.52	2.66	1.74	5.86
2005	AREA	FA0706	Terminales de autobuses	1,729.53	12.36	353.95	4,188.51	2.73	2.01	1.08
2005	AREA	FA0707	Quemas agrícolas	2,918.24		2,197.09	34,950.51	4,053.70	3,824.47	980.14
2005	AREA	FA0902	Aeropuertos y equipo en aeropuertos	1,404.55	125.10	401.31	11,242.59	60.61	59.29	
2005	AREA	XNC02	Aviación	7,771.39	938.19	2,148.78	10,545.81	148.50	148.50	
2005	AREA	XNC03	Embarcaciones marítimas comerciales	14,716.48	13,131.00	164.13	1,376.85	1,433.25	1,398.91	
2005	AREA	XNC05	Locomotoras de patio	4,255.98	28.48	246.98	448.12	108.13	97.45	
2005	AREA	XNC06	Locomotoras de arrastre	46,214.71	414.66	1,710.46	4,554.74	1,146.78	1,090.16	
2005	AREA	XNC07	Maquinaria agrícola	96,658.20	1,265.30	16,495.56	68,494.20	17,248.40	16,730.95	11.41
2005	AREA	XNC08	Equipo de construcción	12,294.50	165.20	1,236.43	6,031.80	1,383.60	1,342.09	1.48
2005	AREA			338,805.05	248,322.66	1,827,680.08	2,508,365.44	524,270.58	361,586.40	932,488.34

Tabla 3.5: Detalle de las fuentes de área a nivel nacional conforme al inventario de emisiones de México 2005

Año	Fuente	Clave Categoría	Categoría	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOX	COV	NH3	Carbón Negro
2008	AREA	FA0101	Combustión industrial	95.09	88.98	.49	527.61	3,032.08	50.90	6.51	6.13
2008	AREA	FA0102	Combustión comercial	193.83	193.83	2.04	1,339.96	5,582.69	121.67	1.59	11.45
2008	AREA	FA0103	Combustión agrícola	16,445.88	16,445.88	15,348.76	50,345.12	234,005.12	85.61		2,465.67
2008	AREA	FA0104	Combustión doméstica	276,536.54	266,588.53	3,807.37	2,051,672.46	164,823.15	1,772,167.18	581.29	35,180.69
2008	AREA	FA0201	Artes gráficas						54,530.02		
2008	AREA	FA0202	Asfaltado						10,714.69		
2008	AREA	FA0203	Lavado en seco						19,101.02		
2008	AREA	FA0204	Pintado automotriz						21,761.13		
2008	AREA	FA0205	Pintura para señalización vial						1,892.86		
2008	AREA	FA0206	Recubrimiento de superficies en la industria						43,207.55		
2008	AREA	FA0207	Recubrimiento de superficies arquitectónicas						225,704.13		
2008	AREA	FA0208	Uso comercial y doméstico de solventes						342,787.93		
2008	AREA	FA0209	Limpieza de superficies industriales						155,541.75		
2008	AREA	FA0301	Manejo y distribución de gas LP						248,941.21		
2008	AREA	FA0302	Manejo y distribución de gasolina y diesel						58,808.67		
2008	AREA	FA0401	Actividades de construcción	18,129.85	3,768.29						
2008	AREA	FA0402	Asados al carbón	7,932.95	6,333.01		17,709.13	392.08	1,040.91		886.62
2008	AREA	FA0403	Panificación						6,363.62		
2008	AREA	FA0501	Aplicación de fertilizantes							181,749.13	
2008	AREA	FA0502	Aplicación de plaguicidas						8,486.73		
2008	AREA	FA0503	Corrales de engorda	8,363.92	955.93						
2008	AREA	FA0504	Emisiones ganaderas de amoníaco							448,154.32	
2008	AREA	FA0505	Labranza	150,585.77	33,384.87						
2008	AREA	FA0601	Aguas residuales						121,247.19		
2008	AREA	FA0701	Incendios en construcciones	35.99	33.70		561.79	14.16	33.67		4.72
2008	AREA	FA0702	Incendios forestales	31,336.21	26,589.51	3,038.73	307,229.69	9,767.13	21,457.82	3,069.62	1,915.31
2008	AREA	FA0703	Emisiones domésticas de amoníaco							135,820.07	
2008	AREA	FA0704	Esterilización de material hospitalario						44.67		
2008	AREA	FA0705	Cruces fronterizos	1.78	1.13	2.35	2,374.19	130.14	240.22	4.16	.40
2008	AREA	FA0706	Terminales de autobuses	2.34	1.98	6.03	2,307.71	879.19	196.30	.62	143.66
2008	AREA	FA0707	Quemas agrícolas	31,899.53	30,455.11	1,222.90	228,579.30	9,001.33	21,527.97	3,609.37	3,651.85
2008	AREA			541,559.68	384,840.75	23,428.67	2,662,646.97	427,627.06	3,136,055.42	772,996.69	44,266.49

Tabla 3.6: Detalle de las fuentes de área a nivel nacional conforme al inventario de emisiones de México 2008

3.3 Las emisiones en el Estado de Puebla

En dicho inventario también se puede conocer el detalle de las emisiones por fuente de área de cada una de las entidades de la República Mexicana de los años 2005 y 2008 exclusivamente. En el año 2005 las emisiones por fuente de área son las que se muestran en la tabla 3.7.

Año	Cve. Edo.	Entidad Federal	Fuente	Categoría	NO _x	SO ₂	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
2005	21	PUEBLA	AREA	Combustión industrial	3,139.57	12,500.25	47.74	719.32	745.17	503.49	
2005	21	PUEBLA	AREA	Combustión comercial	305.28	.60	5.60	54.90	9.27	9.27	
2005	21	PUEBLA	AREA	Combustión agrícola	.58	.00	.01	.10	.02	.02	
2005	21	PUEBLA	AREA	Combustión doméstica	3,575.24	195.93	25,217.06	110,025.28	14,604.12	14,022.70	
2005	21	PUEBLA	AREA	Artes gráficas			1,080.50				
2005	21	PUEBLA	AREA	Asfaltado			351.11				
2005	21	PUEBLA	AREA	Lavado en seco			763.61				
2005	21	PUEBLA	AREA	Pintado automotriz			880.39				
2005	21	PUEBLA	AREA	Pintura para señalización vial			95.58				
2005	21	PUEBLA	AREA	Recubrimiento de superficies en la industria			1,960.64				
2005	21	PUEBLA	AREA	Recubrimiento de superficies arquitectónicas			11,152.00				
2005	21	PUEBLA	AREA	Uso comercial y doméstico de solventes			16,881.51				
2005	21	PUEBLA	AREA	Limpieza de superficies industriales			8,394.75				
2005	21	PUEBLA	AREA	Manejo y distribución de gas LP			13,759.08				
2005	21	PUEBLA	AREA	Manejo y distribución de gasolina y diesel			2,162.61				
2005	21	PUEBLA	AREA	Asados al carbón	15.79		55.28	856.83	430.39	343.52	
2005	21	PUEBLA	AREA	Panificación			178.63				
2005	21	PUEBLA	AREA	Aplicación de fertilizantes							10,262.16
2005	21	PUEBLA	AREA	Aplicación de plaguicidas			212.95				
2005	21	PUEBLA	AREA	Corrales de engorda					128.16	14.64	
2005	21	PUEBLA	AREA	Emisiones ganaderas de amoniaco							31,212.28
2005	21	PUEBLA	AREA	Labranza					5,089.75	1,128.40	
2005	21	PUEBLA	AREA	Aguas residuales			2,414.28				
2005	21	PUEBLA	AREA	Incendios en construcciones	.02		.06	.90	.06	.05	
2005	21	PUEBLA	AREA	Incendios forestales	256.51	79.52	594.09	8,506.60	858.96	728.67	85.24
2005	21	PUEBLA	AREA	Emisiones domésticas de amoniaco							13,321.53
2005	21	PUEBLA	AREA	Esterilización de material hospitalario			1.65				
2005	21	PUEBLA	AREA	Terminales de autobuses	64.93	.46	11.90	131.47	.10	.07	.03
2005	21	PUEBLA	AREA	Quemas agrícolas	44.82		37.09	590.41	68.01	64.14	16.23
2005	21	PUEBLA	AREA	Aeropuertos y equipo en aeropuertos	15.26	1.33	4.40	118.15	.70	.71	
2005	21	PUEBLA	AREA	Aviación	79.36	9.64	33.14	122.86	1.89	1.89	
2005	21	PUEBLA	AREA	Locomotoras de patio	169.40	1.13	9.83	17.84	4.30	3.88	
2005	21	PUEBLA	AREA	Locomotoras de arrastre	1,839.46	16.50	68.08	181.29	45.64	41.00	
2005	21	PUEBLA	AREA	Maquinaria agrícola	1,381.00	18.30	231.98	973.70	245.60	238.23	.16
2005	21	PUEBLA	AREA	Equipo de construcción	463.80	6.20	46.33	212.40	51.00	49.47	.06
2005	21	PUEBLA	AREA		11,351.03	12,829.87	86,651.88	122,512.05	22,283.13	17,150.16	54,897.68

Tabla 3.7: Detalle de las fuentes de área en el Estado de Puebla conforme al inventario de emisiones de México 2005

Las emisiones totales de COV fueron de 86,651.88 t con una contribución de 2,162.61 t por concepto de manejo y distribución de gasolina y diesel. Las emisiones nacionales por el mismo concepto fueron de 58,530.57 t, por lo que el Estado de Puebla contribuyó con el 3.67%.

Las emisiones en el año 2008 son las que corresponden a la tabla 3.8.

Año	Cve. Edo.	Entidad Federal	Fuente	Categoría	NO _x	SO ₂	COV	CO	PM ₁₀	PM _{2.5}	NH ₃
2008	21	PUEBLA	AREA	Combustión industrial	155.97	.02	2.62	27.13	4.89	4.58	.33
2008	21	PUEBLA	AREA	Combustión comercial	210.91	.02	3.72	37.55	6.51	6.51	.01
2008	21	PUEBLA	AREA	Combustión agrícola	5,993.79	392.43	2.38	1,289.00	420.82	420.82	
2008	21	PUEBLA	AREA	Combustión doméstica	4,855.60	281.90	155,242.10	172,767.60	23,608.90	22,734.65	8.35
2008	21	PUEBLA	AREA	Artes gráficas			2,297.98				
2008	21	PUEBLA	AREA	Asfaltado			341.64				
2008	21	PUEBLA	AREA	Lavado en seco			821.87				
2008	21	PUEBLA	AREA	Pintado automotriz			933.82				
2008	21	PUEBLA	AREA	Pintura para señalización vial			61.10				
2008	21	PUEBLA	AREA	Recubrimiento de superficies en la industria			1,676.64				
2008	21	PUEBLA	AREA	Recubrimiento de superficies arquitectónicas			12,002.64				
2008	21	PUEBLA	AREA	Uso comercial y doméstico de solventes			17,716.18				
2008	21	PUEBLA	AREA	Limpieza de superficies industriales			7,958.88				
2008	21	PUEBLA	AREA	Manejo y distribución de gas LP			13,325.49				
2008	21	PUEBLA	AREA	Manejo y distribución de gasolina y diesel			2,360.09				
2008	21	PUEBLA	AREA	Asados al carbón	16.42		57.46	890.67	447.39	357.09	
2008	21	PUEBLA	AREA	Panificación			257.89				
2008	21	PUEBLA	AREA	Aplicación de fertilizantes							13,357.84
2008	21	PUEBLA	AREA	Aplicación de plaguicidas			137.07				
2008	21	PUEBLA	AREA	Corrales de engorda					167.03	19.07	
2008	21	PUEBLA	AREA	Emisiones ganaderas de amoniaco							33,708.36
2008	21	PUEBLA	AREA	Labranza					4,624.50	1,025.25	
2008	21	PUEBLA	AREA	Aguas residuales			4,025.05				
2008	21	PUEBLA	AREA	Incendios en construcciones	.13		.34	5.47	.34	.32	
2008	21	PUEBLA	AREA	Incendios forestales	89.74	27.90	202.74	2,903.18	294.56	249.96	29.06
2008	21	PUEBLA	AREA	Emisiones domésticas de amoniaco							6,996.58
2008	21	PUEBLA	AREA	Esterilización de material hospitalario			1.44				
2008	21	PUEBLA	AREA	Terminales de autobuses	64.93	.46	11.90	131.47	.10	.07	.03
2008	21	PUEBLA	AREA	Quemas agrícolas	179.36	24.37	428.62	4,551.83	635.14	606.38	71.92
2008	21	PUEBLA	AREA		11,566.86	727.10	219,869.67	182,603.89	30,210.18	25,424.70	54,172.48

Tabla 3.8: Detalle de las fuentes de área en el Estado de Puebla conforme al inventario de emisiones de México 2008

Las emisiones totales en 2008 de COV fueron de 219,869.67 t con una contribución de 2,360.09 t por manejo y distribución de gasolina y diesel, representando el 4% de las 58,808.67 t emitidas a nivel nacional. Por lo tanto las emisiones de compuestos orgánicos volátiles se incrementaron desde el 2005 en 133,217.79 t lo que representó un porcentaje del 153.73% debido en gran parte como las emisiones a nivel nacional, por la combustión doméstica que pasó de 25,217.06 a 155,242.10 toneladas anuales. Las emisiones de COV por concepto de distribución de gasolina y diesel apenas se incrementaron 197.48 t del 2005 al 2008 lo que representó un 9.13%.

CAPÍTULO IV: Estimación de emisiones de COV a la atmósfera

Como ya vimos en la tabla 2.1 y de acuerdo con información oficial de Pemex refinación el pico de ventas de combustible magna llegó a su máximo en el año 2010 reduciéndose en los siguientes dos años pero incrementándose el consumo de combustible Premium, consumiendo un promedio de 801,000 barriles de petróleo del 2010 al 2012 manteniéndose prácticamente constante. Este dato es bastante útil más sin embargo para el estudio es necesario tener mayor información sobre las emisiones por estado, desafortunadamente es una información que PEMEX Refinación no emite aunque el dato más cercano son las ventas por región, donde se divide al país en las siguientes zonas:

Región Centro: Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla.

Región Noreste: Chihuahua, Durango, Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León.

Región Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.

Región Centro-Occidente: Nayarit, Zacatecas, Aguascalientes, Jalisco, Colima, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro y Michoacán.

Región Sur-Sureste: Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

Los miles de barriles diarios comercializados en la República Mexicana desde el año 2003 se muestran en las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10 de los reportes estadísticos de Pemex Refinación.

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	188	20	61	64	3	336
Centro-Occidente	138	10	74	87	18	327
Noreste	116	5	65	59	27	272
Sur-Sureste	86	12	53	83	4	238
Noroeste	73	7	42	62	-	184
Total	601	54	295	355	52	1357

Tabla 4.1: Miles de barriles diarios comercializados en 2003

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	194	21	64	62	4	345
Centro-Occidente	147	11	74	83	19	334
Noreste	122	5	67	47	33	274
Sur-Sureste	94	14	53	87	4	252
Noroeste	79	7	44	53	-	183
Total	636	58	302	332	60	1388

Tabla 4.2: Miles de barriles diarios comercializados en 2004

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	201	22	66	69	4	362
Centro-Occidente	155	12	78	52	20	317
Noreste	129	5	73	42	36	285
Sur-Sureste	101	13	56	167	4	341
Noroeste	86	7	47	10	-	150
Total	672	59	320	340	64	1455

Tabla 4.3: Miles de barriles diarios comercializados en 2005

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	210	22	70	57	4	363
Centro-Occidente	166	13	82	34	20	315
Noreste	140	6	80	32	38	296
Sur-Sureste	110	14	61	132	4	321
Noroeste	92	7	51	9	-	159
Total	718	62	344	264	66	1454

Tabla 4.4: Miles de barriles diarios comercializados en 2006

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	219	24	73	60	5	381
Centro-Occidente	176	11	85	39	21	332
Noreste	148	10	86	17	39	300
Sur-Sureste	120	17	61	134	4	336
Noroeste	98	8	53	6	-	165
Total	761	70	358	256	69	1514

Tabla 4.5: Miles de barriles diarios comercializados en 2007

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	225	22	76	55	5	383
Centro-Occidente	181	10	89	44	23	347
Noreste	154	7	94	14	43	312
Sur-Sureste	129	19	68	95	4	315
Noroeste	104	6	56	12	-	178
Total	793	64	383	220	75	1535

Tabla 4.6: Miles de barriles diarios comercializados en 2008

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	224	22	72	56	6	380
Centro-Occidente	184	9	86	41	20	340
Noreste	152	6	86	12	44	300
Sur-Sureste	133	13	64	84	4	298
Noroeste	100	6	51	17	-	174
Total	793	56	359	210	74	1492

Tabla 4.7: Miles de barriles diarios comercializados en 2009

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	229	22	74	51	5	381
Centro-Occidente	187	8	91	25	17	328
Noreste	149	5	89	10	34	287
Sur-Sureste	136	14	64	94	4	312
Noroeste	101	7	53	3	-	164
Total	802	56	371	183	60	1472

Tabla 4.8 Miles de barriles diarios comercializados en 2010

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	231	23	74	57	5	390
Centro-Occidente	187	7	94	22	17	327
Noreste	143	6	93	7	35	284
Sur-Sureste	138	14	65	103	3	323
Noroeste	102	6	58	11	-	177
Total	801	56	384	200	60	1501

Tabla 4.9: Miles de barriles diarios comercializados en 2011

	Gasolinas	Querosenos	Diesel	Combustóleo	Otros	Total
Centro	230	24	76	56	5	391
Centro-Occidente	187	8	95	15	16	321
Noreste	142	7	96	19	54	318
Sur-Sureste	141	15	72	113	3	344
Noroeste	103	7	61	13	-	184
Total	803	61	400	216	78	1558

Tabla 4.10: Miles de barriles diarios comercializados en 2012

Por lo tanto en resumen el consumo diario de gasolinas en la zona centro del 2003 al 2012 se puede visualizar en la figura 4.1.

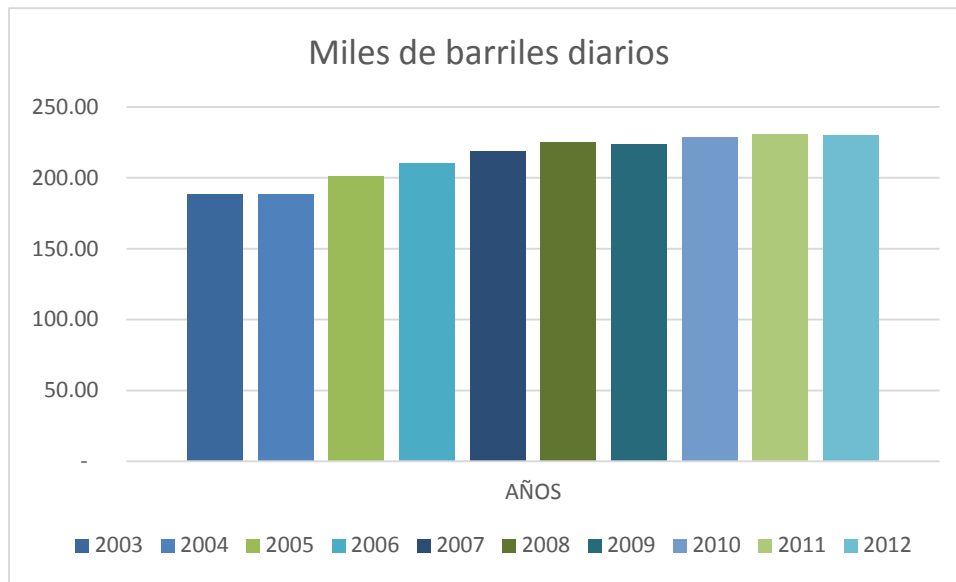


Figura 4.1: Miles de barriles diarios comercializados del 2003 al 2012

Por lo tanto el consumo promedio de combustibles en los últimos cuatro años es de 217,440 barriles de petróleo diarios en la zona centro de la República Mexicana más sin embargo no es un dato lo suficientemente exacto para poder contabilizar las emisiones de COV en el Estado de Puebla, por lo que para este estudio se utilizará una estimación del consumo de combustible en base al porcentaje del parque vehicular registrado en cada uno de los estados.

El Instituto Nacional de Estadística e Información Geográfica (INEGI) es la fuente de información confiable y cuyos datos del último año 2012 se muestran en la tabla 4.11.

Entidad Federativa	Automóviles	Camiones para pasajeros	Camiones y camionetas de carga	Motocicletas	Total	Porcentaje
Distrito federal	4,460,386	31,342	68,890	59,130	4,619,748	39.35%
Estado de México	3,281,810	16,520	749,074	140,655	4,188,059	35.67%
Morelos	318,071	5,763	109,781	23,789	457,404	3.90%
Puebla	819,890	12,855	463,964	38,135	1,334,844	11.37%
Tlaxcala	200,574	5,916	34,018	8,987	249,495	2.13%
Hidalgo	506,177	3,723	373,406	7,404	890,710	7.59%
Totales	9,586,908	76,119	1,799,133	278,100	11,740,260	

Tabla 4.11: Relación del parque vehicular de la zona centro del país, Fuente: INEGI

Por lo tanto como se observa, Puebla tiene un porcentaje vehicular de la zona centro del 11.37% dato que utilizaremos para realizar las estimaciones correspondientes.

4.1 Cálculo de las emisiones

Para el cálculo de las emisiones se calcularán los años 2008 al 2012 donde se multiplicará el consumo de barriles diarios de la zona centro de cada año por el porcentaje del parque vehicular de la ciudad de Puebla. El resultado obtenido se convertirá a consumo de barriles anuales, luego convertirlos a litros y multiplicarlos por la densidad de la gasolina Magna de tal forma de obtener las emisiones en toneladas y compararlas con las reportadas por los inventarios de emisiones a la atmósfera.

Por lo tanto la estimación de emisiones del año 2008 es:

$225,000 \text{ barriles diarios} \times 11.37\% \text{ parque vehicular de Puebla} = 25,582.5 \text{ barriles diarios consumidos en la ciudad de Puebla.}$

$25,582.5 \text{ barriles diarios} \times 0.74 \% \text{ de merma} = 189.3105 \text{ barriles diarios de merma} \times 365 \text{ días} = 69,098.3325 \text{ barriles anuales de merma.}$

$69,098.3325 \text{ barriles anuales} \times 158.97 \text{ litros por barril de petróleo} = 10'984,561.92 \text{ litros anuales}$

$10'984,561.92 \text{ litros anuales} \times 89.17\% \text{ de gasolina Magna comercializada en 2008} = 9'794,933.862 \text{ litros de gasolina magna sin.}$

$9'794,933.862 \text{ litros de gasolina Magna} \times 0.720 \text{ kg/l (densidad de la gasolina Magna a } 20^{\circ}\text{C)} = 7'052,352.381 \text{ kg} = \mathbf{7,052.3523 \text{ t de gasolina Magna emitida en el año 2008.}}$

$10'984,561.92 \text{ litros anuales} \times 10.83\% \text{ de gasolina Premium comercializada en 2008} = 1'189,628.056 \text{ litros de gasolina premium.}$

$1'189,628.056 \text{ litros de gasolina Premium} \times 0.705 \text{ kg/l (densidad de la gasolina Premium a } 20^{\circ}\text{C)} = 838,687.7794 \text{ kg} = \mathbf{838.6877 \text{ t de gasolina Premium emitida en el año 2008.}}$

Por lo tanto las toneladas estimadas en 2008 corresponden a 7,891.04 t

Para el cálculo de las emisiones del 2009 tenemos:

$224,000 \text{ barriles diarios} \times 11.37\% \text{ parque vehicular de Puebla} = 25,468.8 \text{ barriles diarios consumidos en la ciudad de Puebla.}$

$25,468.8 \text{ barriles diarios} \times 0.74\% \text{ de merma} = 188.4691 \text{ barriles diarios de merma} \times 365 \text{ días} = 68,791.2288 \text{ barriles anuales de merma.}$

68,791.2288 barriles anuales x 158.97 litros por barril de petróleo = 10'935,741.64 litros anuales

10'935,741.64 litros anuales x 91.90% de gasolina Magna comercializada en 2009 = 10'049,946.57 litros.

10'049,946.57 litros de gasolina Magna x 0.720 kg/l (densidad de la gasolina Magna a 20°C) = 7'235,961.53 kg = **7,235.9615 t de gasolina Magna emitida en el año 2009.**

10'935,741.64 litros anuales x 8.10% de gasolina Premium comercializada en 2009 = 885,795.0728 litros de gasolina premium.

885,795.0728 litros de gasolina Premium x 0.705 kg/l (densidad de la gasolina Premium a 20°C) = 624,485.5264 kg = **624.4855 t de gasolina Premium emitida en el año 2009.**

Por lo tanto las toneladas estimadas emitidas en 2009 corresponden a 7,860.447 t.

Para el cálculo de las emisiones del 2010 tenemos:

229,000 barriles diarios x 11.37% parque vehicular de Puebla = 26,037.3 barriles diarios consumidos en la ciudad de Puebla.

26,037.3 barriles diarios x 0.74% de merma = 192.67602 barriles diarios de merma x 365 días = 70,326.7473 barriles anuales de merma.

70,326.7473 barriles anuales x 158.97 litros por barril de petróleo = 11'179,843.02 litros anuales

11'179,843.02 litros anuales x 92.78% de gasolina Magna comercializada en 2010 = 10'372,658.35 litros.

10'372,658.35 litros de gasolina Magna x 0.720 kg/l (densidad de la gasolina Magna a 20°C) = 7'468,314.014 kg = **7,468.3140 t de gasolina Magna emitida en el año 2010.**

11'179,843.02 litros anuales x 7.22% de gasolina Premium comercializada en 2010 = 807,184.666 litros de gasolina Premium.

807,184.666 litros de gasolina Premium x 0.705 kg/l (densidad de la gasolina Premium a 20°C) = 569,065.1896 kg = **569.0651 t de gasolina Premium emitida en el año 2010.**

Por lo tanto las emisiones estimadas totales en el 2010 fueron de 8,037.3791 t.

Para el cálculo de las emisiones del 2011 tenemos:

231,000 barriles diarios x 11.37% parque vehicular de Puebla = 26,264.7 barriles diarios consumidos en la ciudad de Puebla.

26.2647 barriles diarios x 0.74% de merma = 194.3587 barriles diarios de merma x 365 días = 70,940.9547 barriles anuales de merma.

70,940.9547 barriles anuales x 158.97 litros por barril de petróleo = 11'277,483.57 litros anuales

11'277,483.57 litros anuales x 92.42% de gasolina Magna comercializada en 2011 = 10'422,650.31 litros.

10'422,650.31 litros de gasolina Magna x 0.720 kg/l (densidad de la gasolina Magna a 20°C) = 7'504,308.226 kg = **7,504.3082 t de gasolina Magna emitida en el año 2011.**

11'277,483.57 litros anuales x 7.58% de gasolina Premium comercializada en 2011 = 854,833.2546 litros de gasolina Premium.

854,833.2546 litros de gasolina Premium x 0.705 kg/l (densidad de la gasolina Premium a 20°C) = 602,657.4445 kg = **602.6574 t de gasolina Premium emitida en el año 2011.**

Por lo tanto las emisiones estimadas totales en el 2011 fueron de 8,106.9656 t.

Para el cálculo de las emisiones del 2012 tenemos:

230,000 barriles diarios x 11.37% parque vehicular de Puebla = 26,151 barriles diarios consumidos en la ciudad de Puebla.

26,151 barriles diarios x 0.74% de merma = 193.5174 barriles de merma diarios x 365 días = 70,633.851 barriles anuales de merma.

70,633.851 barriles anuales x 158.97 litros por barril de petróleo = 11'228,663.29 litros anuales

11'228,663.29 litros anuales x 89.07% de gasolina Magna comercializada en 2012 = 10'001,370.4 litros de gasolina magna sin.

10'001,370.4 litros de gasolina Magna x 0.720 kg/l (densidad de la gasolina Magna a 20°C) = 7'200,986.685 kg = **7,200.9866 t de gasolina Magna emitida en el año 2012.**

11'228,663.29 litros anuales x 10.93% de gasolina Premium comercializada en 2012 = 1'227,292.898 litros de gasolina Premium.

1'227,292.898 litros de gasolina Premium x 0.705 kg/l (densidad de la gasolina Premium a 20°C) = 865,241.4928 kg = **865.2414 t de gasolina Premium emitida en el año 2012.**

Por lo tanto las emisiones estimadas totales en el 2012 fueron de 8,066.228 t.

En la tabla 4.12 se representa el resumen de los cálculos anteriores y cuyos datos se representan gráficamente en la figura 4.2.

AÑO	MAGNA	PREMIUM	TOTAL (toneladas anuales)
2008	7,052.35	836.68	7,891.04
2009	7,235.96	624.48	7,860.44
2010	7,468.31	569.06	8,037.37
2011	7,504.30	602.65	8,106.96
2012	7,200.98	865.24	8,066.22

Tabla 4.12: Resumen de las estimaciones de emisiones a la atmósfera en el Estado de Puebla

Estos cálculos difieren de los publicados en el inventario de emisiones a la atmósfera presentados en el capítulo III en donde la contabilización de emisiones en 2008 por manejo y distribución de gasolina y diesel corresponde a 2,360.09 t.

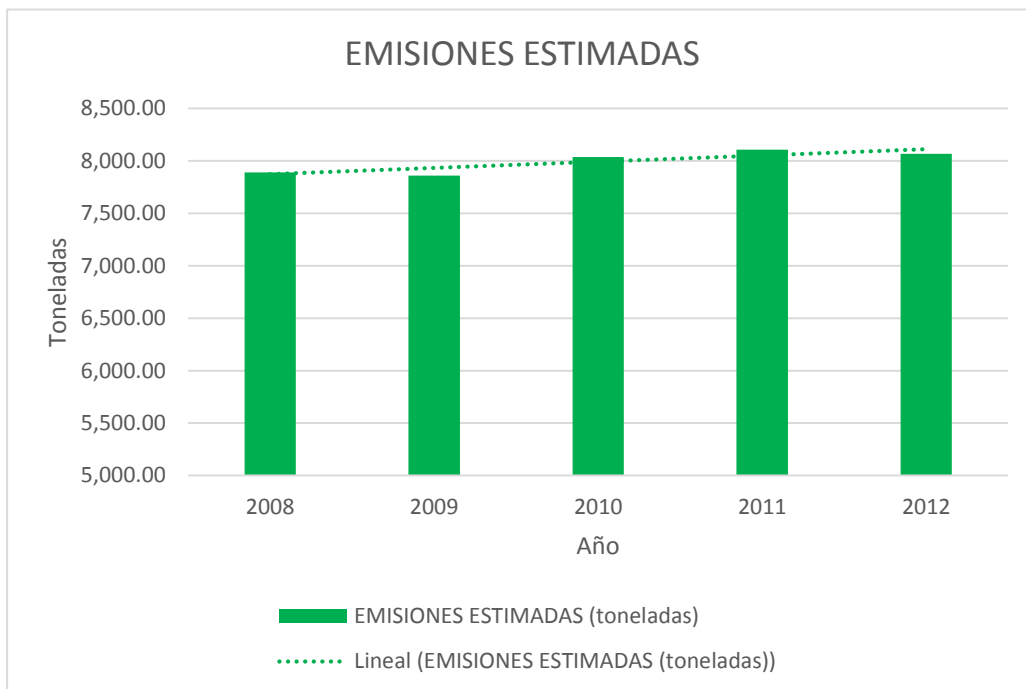


Figura 4.2: Representación gráfica de las emisiones estimadas a la atmósfera en el estado de Puebla

Como se observa en la figura 4.2 la tendencia de emisiones de COV a la atmósfera se incrementan con el paso de los años siendo una consecuencia lógica del incremento de la población conjuntamente con del consumo de combustibles. En el próximo capítulo se estimarán las reducciones de emisiones a la atmósfera así como el impacto en el medio ambiente.

Capítulo V: Los sistemas de recuperación de vapores

Como se ha descrito desde la introducción los sistemas de recuperación de vapores se han implementado en los países desarrollados para reducir la cantidad de contaminantes originados por los COV. En México se publicó en el diario oficial de la federación el 29 de agosto de 1995 la norma 092 de SEMARNAT donde se definieron tres fases del sistema de recuperación de vapores. Dichos sistemas se definieron como un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar la emisión de los vapores de gasolina producidos en las operaciones de transferencia de este combustible en las Terminales de Almacenamiento, Estaciones de Servicio y Estaciones de Autoconsumo, que de otra manera serían emitidos libremente a la atmósfera. El control de las emisiones de vapores de gasolina en las terminales de almacenamiento y en las estaciones de servicio, se divide en tres fases denominadas Fase 0, Fase I y Fase II. (Ver figura 5.1).

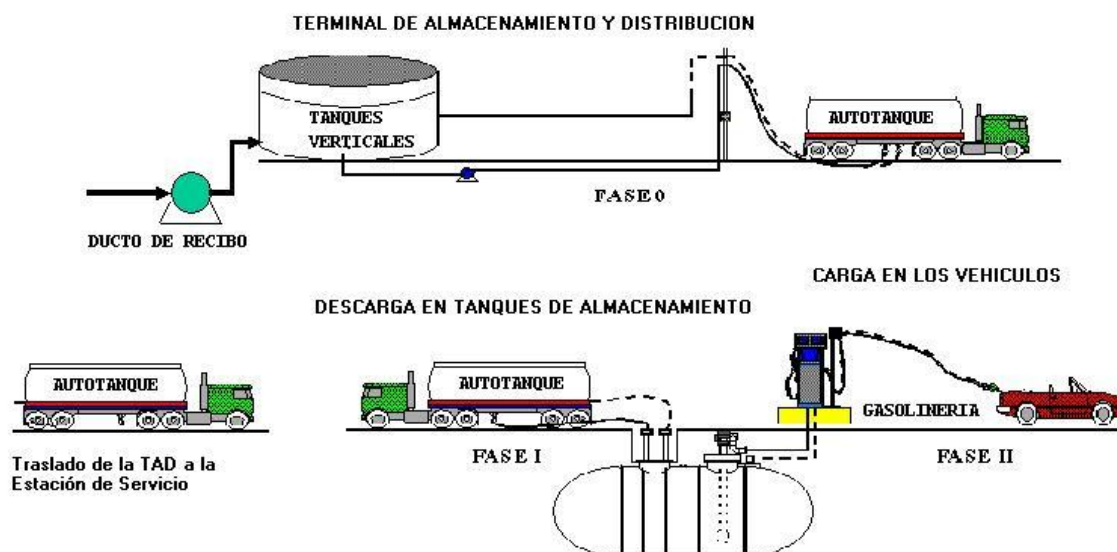


Figura 5.1: Fases de los sistemas de recuperación de vapores

- Sistema de Recuperación de Vapores Fase 0.

Consiste en la instalación de accesorios y dispositivos para la recuperación y control de las emisiones de vapores de gasolina generados durante la transferencia del combustible del tanque de almacenamiento de la Terminal de Almacenamiento al autotankero. Los vapores recuperados son transferidos desde el autotankero hacia Unidad Procesadora de Vapores.

- Sistema de Recuperación de Vapores Fase I.

Consiste en la instalación de accesorios y dispositivos para la recuperación y control de las emisiones de vapores de gasolina durante la transferencia de gasolina del autotanque al tanque de almacenamiento de combustible de la estación de servicio o de autoconsumo. Los vapores recuperados son transferidos del tanque de almacenamiento hacia el autotanque.

- Sistema de Recuperación de Vapores Fase II.

Consiste en la instalación de accesorios y dispositivos para la recuperación y control de las emisiones de vapores de gasolina generados durante la transferencia del combustible del tanque de almacenamiento al vehículo automotor. Los vapores recuperados son transferidos desde el tanque del vehículo hacia el tanque de almacenamiento.

El beneficio de la instalación del sistema de recuperación de vapores se pospuso debido a que por decreto emitido en el diario oficial de la federación el 12 de Junio de 2012 se eliminaron las normas oficiales mexicanas NOM-092-SEMARNAT-1995 y NOM-093-SEMARNAT-1995 por lo que la reducción de las emisiones a la atmósfera no se llevará a cabo.

5.1 Estimación de la reducción de emisiones de COV a la atmósfera

Si los sistemas de recuperación de vapores se realizaran en la ciudad de Puebla la estimación de la reducción de emisiones de COV se reduciría aproximadamente en un 50% disminuyendo todas las repercusiones a la atmósfera así como los perjuicios a la salud y la generación de ozono troposférico.

Los cálculos son:

AÑO	EMISIONES ESTIMADAS (toneladas anuales)	TONELADAS NO EMITIDAS 50% (toneladas anuales)
2008	7,891.04	3,945.50
2009	7,860.44	3,930.00
2010	8,037.37	4,018.68
2011	8,106.96	4,053.48
2012	8,066.22	4,033.11

Tabla 5.1: Estimación de la reducción de las emisiones a la atmósfera en el Estado de Puebla

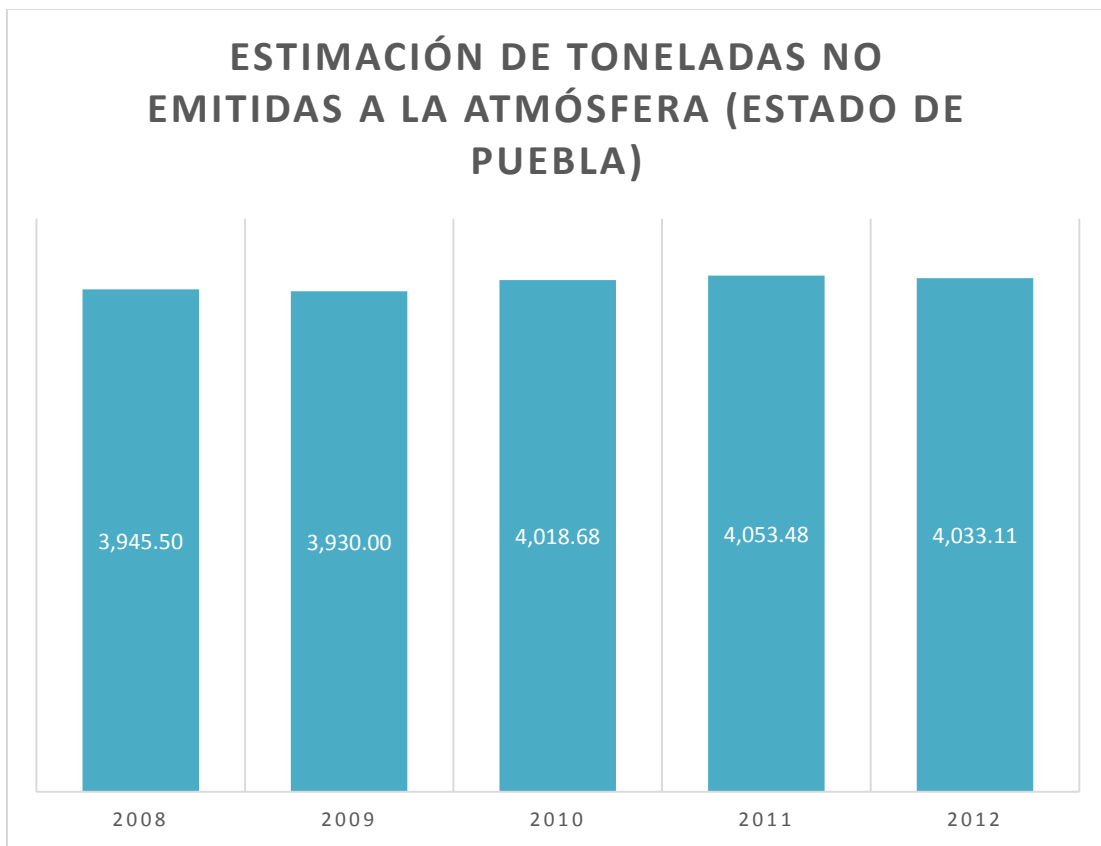


Figura 5.2: Representación gráfica de la estimación de reducciones de emisiones a la atmósfera

La estimación presentada es un cálculo simple de la reducción de emisiones a la atmósfera en el Estado de Puebla y como se presentó en el capítulo III en la tabla 3.8 las mayores emisiones de COV por fuentes de área corresponden a la combustión doméstica, sin embargo las emisiones por concepto de manejo y distribución de gasolina no dejan de ser un concepto relevante que pudieran evitarse, multiplicándose este efecto proporcionalmente a la cantidad de combustibles comercializados en toda la República Mexicana.

CONCLUSIONES

1. Los COV son liberados a la atmósfera por la quema de combustibles que cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono en el nivel del suelo o bruma industrial (conocida como "smog" en inglés), que contribuye al cambio climático. Algunos de ellos tienen efectos peligrosos sobre la salud como el benceno, compuesto de las gasolinas.
2. El consumo de combustibles del año 2005 al 2012 presentan un incremento constante. En 2011 y 2012 el consumo de Magna ha disminuido mientras que la Premium ha tenido un incremento de acuerdo a la información oficial de PEMEX Refinación.
3. Los combustibles poseen benceno en diferentes cantidades ya que mientras en la gasolina Magna del valle de México el porcentaje máximo del volumen es del 1 %, en el resto del país es del 3%. De igual forma el porcentaje del volumen máximo en el combustible Premium en el Valle de México es del 1%, mientras que en el resto del país es del 2% lo que puede contribuir al incremento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles.
4. La Ley Federal de Ingresos de la federación desde el año 2001 al 2013 en su artículo 7° apartado VII donde se especifica "Petróleos Mexicanos descontará de su facturación a las estaciones de servicio por concepto de mermas hasta el 0.74 por ciento del valor total de las enajenaciones de gasolina que realice a dichas estaciones de servicio." En el año 2014 este porcentaje de merma no fue reconocido por lo menos en dicha Ley.
5. En el año 2006 se publicó el primer Inventario Nacional de Emisiones, que incluye información del año 1999, desagregada por fuente de emisión de contaminantes y para todos los estados y municipios del país (INE, Semarnat, 2006). En el año 2011 se publicó el más reciente INEM con datos de 2005, el cual presenta la estimación de las emisiones de contaminantes por fuente, por estado y municipio. El más reciente contiene datos del año 2008.
6. De acuerdo al inventario de emisiones de 1999 la distribución de combustibles contribuyó en un 5% del total de las emisiones de COV a nivel nacional. La combustión de la leña, el uso comercial y doméstico de solventes y la distribución de gas LP participaron en mayor grado en emisiones de COV con un porcentaje de 22%, 20% y 19% respectivamente. Las emisiones por concepto de manejo y distribución de gasolina y diesel en 2008 contabilizó un total de 58,808.67 t siendo ligeramente superior a la del 2005 por un total de 277.7 t que representa solo un pequeño incremento del 0.47%.

7. Las emisiones totales de COV en el estado de Puebla en el 2005 fueron de 86,651.88 t con una contribución de 2,162.61 t por concepto de manejo y distribución de gasolina y diesel. Las emisiones de COV en el 2008 por concepto de distribución de gasolina y diesel apenas se incrementaron 197.48 t en tres años lo que representó un 9.13% en tres años.
8. El beneficio de la instalación del sistema de recuperación de vapores se pospuso debido a que por decreto emitido en el diario oficial de la federación el 12 de Junio de 2012 se eliminaron las normas oficiales mexicanas NOM-092-SEMARNAT-1995 y NOM-093-SEMARNAT-1995 por lo que la reducción de las emisiones a la atmósfera no se llevará a cabo.
9. Es conveniente retomar las normas NOM-092 y NOM-093 de la SEMARNAT implementando los sistemas de recuperación de vapores conforme a esta estimación reduciría en un 50% las emisiones de COV a la atmósfera que representan en promedio 4,000 t anuales.

BIBLIOGRAFÍA:

- Glynn Henry, Gary W. Heinke, Ingeniería Ambiental editorial Prentice Hall, segunda edición año 1996.
- Inventario nacional de emisiones de México 1999; Instituto Nacional de Ecología SyG editores S.A. de C.V. primera edición septiembre de 2006.
- Leyes de Ingresos de la Federación del 2003 al 2014.
- Manual de Operaciones de la Franquicia Pemex Refinación versión 2008-1, versión electrónica.
- María José Gallego, Madrid quiere reducir 70% las emisiones en las gasolineras, periódico La Razón, Madrid España, Domingo 30 de Junio de 2006.
- Maurizio Caselli, La contaminación atmosférica editorial Siglo XXI, sexta edición año 2000.
- NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
- NOM-092-SEMARNAT-1995, que regula la contaminación atmosférica y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el valle de México.
- NOM-093-SEMARNAT-1995, que establece el método de prueba para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y autoconsumo.
- Perspectivas del medio ambiente mundial 2002 Geo 3, editorial Mundi-Prensa, España 2002.
- Programa de gestión de la calidad del aire 2012-2020 del Estado de Puebla, primera edición 2012, Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial, Dirección de calidad del Aire y Cambio Climático.

Consultas electrónicas:

- Anuarios estadísticos de Pemex Refinación 2003-2012, <http://www.ri.pemex.com/index.cfm?action=content§ionID=134&catID=12202#2012> consultada el 20 de marzo de 2014.
- <http://sinea.semarnat.gob.mx/sinae.php?process=UkVQT1JURUFET1I=&categ=1>.
- http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?c=13158
- [1] <http://toxtown.nlm.nih.gov/espanol/chemicals.php?id=41>
- [2] <http://www.boe.es/boe/dias/2012/03/06/pdfs/BOE-A-2012-3165.pdf>
- [3] <http://www.ref.pemex.com/index.cfm>
- [4] <http://www.onexpo.com.mx>