



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS
OBTENIDOS EN LABORATORIO DURANTE LA
EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE
VAPORES PARA ESTACIONES DE SERVICIO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

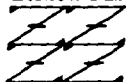
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTAN:

JOSÉ IVÁN CARDONA RAMÍREZ
DANIEL FLORES GARCÍA

DIRECTOR: I.Q. VICTOR MANUEL GUERRERO GRAPAÍN
ASESOR INTERNO: I.Q. JOSÉ MIGUEL FLORES GÁLAZ

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO REGISTRA EL
DE REGISTRO

MÉXICO, D.F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**
**JEFATURA DE LA CARRERA DE
INGENIERIA QUIMICA**


OF/IQ/JU/032/028/96

**C. José Ivan Cardona Ramírez y
Daniel Flores García
P r e s e n t e.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, les comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

- Presidente:** Ing. Miguel José Flores Galaz
Vocal: Ing. Victor Manuel Guerrero Grapain
Secretario: Ing. Gonzalo Rafael Coello García
Suplente: Ing. Patricia Balbina García Aguilar
Suplente: Ing. Genaro Sánchez Ramos

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 11 de Octubre 1996


Ing. Magin Enrique Juárez Villar
Jefe de la Carrera

*Dedico este trabajo a mis padres, que sin
ellos para mí no habría nada:*

Sr. Juan Pedro Cardona Ramirez

Sra. María de Lourdes Ramirez de C.

*A Cristina Solorio con amor, por todo lo que hemos
vivido.*

A mis hermanos, con muchísimo cariño:

Juan, Héctor, Cristina y Roberto

Cardona.

A la memoria de Armando Cardona.

*A mis tíos Salvador y Gloria Rodríguez, por su
ejemplo y apoyo.*

*A Cristina Olvera, por el apoyo que me
dió en momentos difíciles.*

*Ya todos aquellos que de alguna forma me ayudan a ser
cada día una mejor persona.*

A mis padres:

*Daniel Flores H. y Marcela García O.
por el gran esfuerzo y sacrificio hecho
para lograr mi formación como persona y
profesionista.*

A mi esposa:

*Guadalupe Consuelos G. por el apoyo y
comprensión que en los momentos más
difíciles nunca faltó y que hicieron posible
la terminación de éste trabajo.*

A mi hijo:

*Daniel Flores C. esperando que en el
futuro tenga una preparación y que
estudie cuando le corresponda hacerlo.*

A mis hermanos:

Romel, Miguel, Marcelo y Arturo.

A Octavio Consuelos G.:

*Con sincero agradecimiento por la
confianza depositada y el apoyo
incondicional que en todos los aspectos
siempre me brindo.*

Con cariño a:

*Ramón Consuelos C. y Cecilia García H.
por el constante apoyo brindado.*

A mis compadres:

*José G. y Alicia Consuelos por el cariño
de familia que está entre nosotros.*

A mi familia:

*Lucero, Ramón, Lilia, Cecilia, Pedro,
Adrián, Isabel, Arnulfo, Gloria, Martín,
Blanca y Jesús, por la sincera amistad que
he encontrado.*

*Y a todas aquellas personas que directa
o indirectamente contribuyeron a la
terminación de este trabajo.*

*Agradecemos al Ing. Victor Manuel
Guerrero Grapain por el profesionalismo
y dirección entregado en la elaboración
de ésta tesis.*

*Agradecemos también al Ing. José
Miguel Flores Gálaz por el
asesoramiento y tiempo otorgado para
con éste trabajo.*

*Y en general a todos aquellos integrantes
de la Universidad Nacional Autónoma
de México que nos enriquecieron en
nuestra formación profesional.*

ÍNDICE

RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN	II
OBJETIVOS	IV

CAPÍTULO PRIMERO MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES	1
1.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	3
1.3 FOTOQUÍMICA DE LA ATMÓSFERA	7
1.3.1. EL OZONO Y SUS PRECURSORES	10
1.3.1.1 LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO	11
1.3.1.2 LOS HIDROCARBUROS	11
1.3.1.3 CICLOS FOTOQUÍMICOS DE LA FORMACIÓN DE OZONO	12
1.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PROVOCADOS EN LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE	14
1.5 LA IMPORTANCIA DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO	19
1.5.1 GASOLINAS OXIGENADAS	21
1.5.2 REFORMULACIÓN DE GASOLINAS	22
1.6. SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES	23

CAPÍTULO SEGUNDO
DEFINICIONES Y TÉRMINOS TÉCNICOS

2.1 CICLO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES	25
2.1.1 TERMINALES	25
2.1.2 AUTOTANQUES	26
2.1.3 ESTACIONES DE SERVICIO	28
2.2 FASES EN LA RECUPERACIÓN DE VAPORES	29
2.2.1 FASE 0	29
2.2.1.1 UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE VAPORES	29
2.2.1.2 TECNOLOGÍAS	30
2.2.1.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO	32
2.2.2 FASE I	33
2.2.2.1 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES FASE I	33
2.2.2.1.1 COMPONENTES INDISPENSABLES PARA LA FASE I	34
2.2.2.1.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO	35
2.2.3 FASE II	36
2.2.3.1 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES FASE II	36
2.2.3.2 COMPONENTES INDISPENSABLES PARA LA FASE II	40
2.3 NORMATIVIDAD	40
2.3.1 MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA EN LABORATORIO DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES	42
2.3.1.1 PRINCIPIO DEL MÉTODO DE MEDICIÓN	43
2.3.1.2 EQUIPO DE MEDICIÓN	43
2.3.1.3 MEDIDAS DE PREPARACIÓN DEL EQUIPO	45
2.3.1.4 PREPARACIÓN DE LOS VEHÍCULOS PARA LA MEDICIÓN	46
2.3.1.5 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN	47

2.3.1.6	PROCEDIMIENTO PARA LA CARGA DE GASOLINA EN LOS VEHICULOS	48
2.3.1.7	SELECCIÓN DE LA FLOTILLA VEHICULAR	48
2.3.1.8	MEDICIÓN DE LAS EMISIONES BÁSICAS Y LAS EMISIONES REMANENTES	50
2.3.1.9	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS	51
2.3.1.10	PUERTOS DE MUESTREO	52

CAPÍTULO TERCERO

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

3.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO BÁSICO DE LOS SRV'S	54
3.1.1	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I	55
3.1.2	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II	57
3.2	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE BALANCE	59
3.2.1	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	59
3.2.2	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I	60
3.2.3	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II	61
3.3	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO	62
3.3.1	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR	63
3.3.1.1	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	63
3.3.1.2	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I	65
3.3.1.3	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II	65

3.3.2 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO CON INCINERADOR	66
3.3.2.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN	66
3.3.2.2 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I	67
3.3.2.3 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II	68
3.4 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE MEMBRANAS SELECTIVAS.	70
3.4.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN	70

CAPÍTULO CUARTO
RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LOS SISTEMAS DE
RECUPERACIÓN DE VAPORES

4.1 MEMORIA DE CÁLCULO	71
4.1.1 EJEMPLO DE CÁLCULO	76
4.2 RESULTADOS DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACION DE VAPORES DE BALANCE	79
4.2.1 BALANCE "A"	79
4.2.2 BALANCE "B"	83
4.3 RESULTADOS DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR	87
4.4 RESULTADOS DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDOS POR VACÍO CON INCINERADOR	91
4.4.1 VACÍO CON INCINERADOR "A"	91
4.4.2 VACÍO CON INCINERADOR "B"	95

CAPÍTULO QUINTO
ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LOS SISTEMAS
DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

5.1 GRÁFICOS DE RESULTADOS	99
5.2 TASA VOLUMÉTRICA	110
5.2.1 SISTEMAS DE BALANCE	110
5.2.2 SISTEMA ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR	112
5.2.3 SISTEMAS ASISTIDOS POR VACÍO CON INCINERADOR	114
5.3 EFICIENCIA	117
5.3.1 SISTEMAS DE BALANCE	117
5.3.2 SISTEMA ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR	118
5.3.3 SISTEMAS ASISTIDOS POR VACÍO CON INCINERADOR	119
CONCLUSIONES	121
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS: ANEXO 1 NOMENCLATURA	128
ANEXO 2 ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	130
ANEXO 3 FIGURAS	134
ANEXO 4 GLOSARIO	156

RESUMEN

La presente tesis se enfoca al análisis de los principales Sistemas de Recuperación de Vapores (SRV's) para fase II, basados en su principio de operación.

En el capítulo primero se presenta la base teórica del trabajo en cuestión ambiental. Se da también una explicación de porqué la utilización de los SRV's es una opción ambiental para controlar la libre emisión de hidrocarburos, así como la importancia que tienen éstos en la formación de ozono.

El capítulo segundo está constituido de material indispensable para el mejor entendimiento del ciclo de almacenamiento y distribución de combustibles. Se describe además, la normatividad existente para regular la contaminación atmosférica en materia de recuperación de vapores de gasolina y evaluación de los SRV's

El capítulo tercero describe el principio de operación de cada uno de los SRV's evaluados, incluyendo el equipo que conforma cada sistema, así como su función específica dentro del ciclo de recuperación de vapores concernientes al estudio.

En el capítulo cuarto se desarrolla el algoritmo de cálculo de los parámetros determinados; eficiencia y tasa volumétrica que son resultado de las evaluaciones realizadas en campo (estación de servicio). Además contiene tablas condensadas de resultados y gráficos representativos de los mismos parámetros para cada SRV's.

En el capítulo quinto se analizan los resultados obtenidos. Finalmente se presentan las conclusiones destacando el avance que se logró de acuerdo a los objetivos planteados.

INTRODUCCIÓN

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) se ha convertido con sus aproximadamente 20 millones de habitantes en una de las áreas urbanas más pobladas del planeta. Uno de los problemas característicos de esta zona es la contaminación del aire. Con un flujo vehicular de casi 3 millones de automóviles al día y con el 42% del total de la producción industrial del país⁽²⁾, presenta una intensa actividad antropogénica responsable de la emisión de contaminantes. Además, las condiciones meteorológicas de la Ciudad de México favorecen la formación de contaminantes atmosféricos, entre ellos el ozono, característico de esta zona, el cual trae consecuencias directas e indirectas muy perjudiciales al hombre y al medio ambiente.

La presencia de óxidos de nitrógeno (NO_x), provenientes principalmente de los procesos de combustión natural o de la generada por el hombre, al interactuar o reaccionar con los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) presentes en combustibles tales como la gasolina, gas L.P., solventes, etc., son en conjunto, los precursores directos más importantes en la formación de ozono en las diferentes capas de la atmósfera.

En una estación de servicio conocida comúnmente como "gasolinera" se presenta la emisión de vapores de gasolina durante la descarga de los autotanques que transportan el combustible hacia el tanque de almacenamiento subterráneo. De manera análoga, se presenta la emisión de éstos vapores de gasolina durante el proceso de suministro de combustibles a los vehículos automotores, (despacho de combustible).

Los vapores de gasolina que salen del tanque de un vehículo durante su reabastecimiento pueden equipararse al 50 % de los vapores de hidrocarburos que salen del tubo de escape de un automóvil modelo reciente con control de emisiones; de aquí que sea importante realizar la inspección y control en materia de protección ambiental a dichas fuentes fijas⁽¹⁾.

Como respuesta a estos problemas que se presentan en las principales ciudades del mundo, se han desarrollado en los países industrializados diversas tecnologías que permiten la recuperación de vapores de gasolina en todo el ciclo de manejo de combustibles, con el propósito que dichos vapores sean reprocesados ó en su defecto incinerados con la premisa de que no sean emitidos libremente a la atmósfera.

El presente trabajo tiene por objeto efectuar el estudio y análisis de los diferentes Sistemas de Recuperación de Vapores (SRV's) utilizados en estaciones de servicio (donde los automóviles son reabastecidos de gasolina), mediante los cuáles se lleva a cabo la recuperación de vapores de gasolina en sus dos fases denominadas Fase I y Fase II, determinando para ello la eficiencia de laboratorio en base al método de prueba descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995⁽¹⁶⁾ elaborada para dicho propósito.

Por tanto para controlar el ozono se tiene que mejorar la calidad de los combustibles elaborados en México, cambiar la tecnología de los mismos, así como reajustar las reglas a seguir en la producción de los vehículos automotores que los utilizan e instalar sistemas de control de sus residuos y racionalizar su consumo para tener una mejor calidad de vida en la Ciudad de México.

OBJETIVOS

GENERALES

- Analizar la problemática de la contaminación atmosférica provocada por las emisiones de vapores de gasolina durante el suministro de ésta a vehículos automotores en estaciones de servicio.
- Realizar las pruebas de laboratorio a los Sistemas de Recuperación de Vapores correspondientes a evaluar.

PARTICULARES

- Determinar los resultados correspondientes a los siguientes parámetros:
 - Tasa volumétrica
 - Eficiencia
- Efectuar un análisis comparativo de los Sistemas de Recuperación de Vapores evaluados

CAPÍTULO PRIMERO

MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES

En años recientes ha existido un gran interés en el medio ambiente y ahorro de energía y muchas palabras nuevas han llegado a formar parte de nuestro vocabulario, como son: ecología, medio ambiente, smog fotoquímico, efecto de invierno, etc. El término smog se origina del vocablo inglés smoke que significa humo y fog niebla, literalmente significa humo-niebla, pero actualmente se ha adoptado como significado de contaminación del aire. La generación de bienes y servicios trae como principal consecuencia daños sobre el entorno físico en el cual vivimos, agua, tierra y en especial el aire, y esto, con el paso del tiempo se incrementa considerablemente por el avance acelerado que tiene la tecnología para satisfacer los niveles de vida de la sociedad actual⁽¹⁾.

Desde su fundación la Ciudad de México ha estado sometida a retos ambientales que le han hecho renovarse y revitalizarse permanentemente. La lucha contra la contaminación atmosférica es muy reciente en el Valle de México. Solo hasta finales de 1986 se contó con una red automática de monitoreo atmosférico. Después de la primera mitad de 1987 se obtuvieron datos confiables sobre los niveles de la contaminación del aire. Para mediados de 1988 finalmente contamos con una Ley General de equilibrio Ecológico y de Protección al ambiente. A partir de esta ley se inició el desarrollo y la expedición de las normas que establecen los límites precisos a la generación de contaminantes.

No fue sino hasta 1989 que se elaboró el primer inventario detallado de emisiones contaminantes. Solo a partir de este inventario fue posible diseñar, durante 1990, la estrategia integral que busca controlar los principales factores y fuentes de contaminación que deterioraron la calidad del aire¹¹.

En la Ciudad de México, casi todo el bienestar social está fundamentado en el consumo de combustibles, que al quemarse o evaporarse genera contaminación atmosférica. Desde que encendemos la luz en la mañana estamos quemando gas para su generación. Cuando tomamos un baño de agua caliente, volvemos a quemar gas, lo mismo que al tomar nuestros primeros alimentos cocidos. Luego nos transportamos a nuestro trabajo o a la escuela y utilizamos gasolina o diesel. Al llegar a nuestras industrias, movemos maquinaria, con gasóleo industrial, diesel o gas. Y así sucesivamente con el resto de todas nuestras actividades.

Actualmente la mancha urbana de la Ciudad de México se extiende sobre una superficie de 1200 km², abarcando el Distrito Federal y 17 municipios conurbados del Estado de México. Al mismo tiempo las actividades económicas crecieron y se diversificaron, incrementándose el transporte motorizado, la industria y los servicios. Por todo esto, sería imposible imaginar una vida sin combustible en una ciudad como esta, donde casi todo el bienestar social está fundamentado en el consumo cotidiano de hidrocarburos, que al quemarse constituyen la fuente principal de contaminación atmosférica.

Desde hace varios años se inició un proceso completo de mejoramiento de los combustibles que se expanden en el Valle de México para así lograr que su combustión sea ambientalmente más limpia. Se alienta que las emisiones resultaran menos tóxicas o menos reactivas en la atmósfera. Estas medidas han

No fue sino hasta 1989 que se elaboró el primer inventario detallado de emisiones contaminantes. Solo a partir de este inventario fue posible diseñar, durante 1990, la estrategia integral que busca controlar los principales factores y fuentes de contaminación que deterioraron la calidad del aire⁽²⁾.

En la Ciudad de México, casi todo el bienestar social está fundamentado en el consumo de combustibles, que al quemarse o evaporarse generan contaminación atmosférica. Desde que encendemos la luz en la mañana estamos quemando gas para su generación. Cuando tomamos un baño de agua caliente, volvemos a quemar gas, lo mismo que al tomar nuestros primeros alimentos cocidos. Luego nos transportamos a nuestro trabajo o a la escuela y utilizamos gasolina o diesel. Al llegar a nuestras industrias, movemos maquinaria, con gasóleo industrial, diesel o gas. Y así sucesivamente con el resto de todas nuestras actividades.

Actualmente la mancha urbana de la Ciudad de México se extiende sobre una superficie de 1200 km², abarcando el Distrito Federal y 17 municipios conurbados del Estado de México. Al mismo tiempo las actividades económicas crecieron y se diversificaron, incrementándose el transporte motorizado, la industria y los servicios. Por todo ello, sería imposible imaginar una vida sin combustible en una ciudad como ésta, donde casi todo el bienestar social está fundamentado en el consumo cotidiano de hidrocarburos, que al quemarse constituyen la fuente principal de contaminación atmosférica.

Desde hace varios años se inició un proceso complejo de mejoramiento de los combustibles que se expenden en el Valle de México para así lograr que su combustión fuera ambientalmente más limpia, de tal forma que sus emisiones resultaran menos tóxicas y menos reactivas en la atmósfera. Estas medidas han

incluido: la reducción del contenido de plomo en las gasolinas utilizadas, la distribución de gasolinas oxigenadas y menos compuestos volátiles para reducir su evaporación⁽³⁾.

Estudios muy recientes revelaron que la atmósfera de la Ciudad de México presenta altas concentraciones ente otros, de compuestos orgánicos volátiles. Las gasolinas utilizadas en el Valle de México contienen este tipo de compuestos que al ser emitidos a la atmósfera favorecen la formación directa del ozono. Las evaporaciones de las gasolinas tienen lugar en el carburador del automóvil y en el manejo del combustible en todo su ciclo, desde su expedición de la planta hasta el abastecimiento a los automóviles.

Se han hecho investigaciones en países desarrollados para recuperar vapores de gasolina por medio de Sistemas de Recuperación de Vapores. Actualmente en México se están realizando estudios para adecuar dichos sistemas a las condiciones de ZMCM y que cumplan con los requisitos que la zona requiere, para que en un futuro próximo se instalen en todo el país.

1.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Se puede decir que la atmósfera esta compuesta por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de numerosos compuestos, tales como, dióxido de carbono y argón entre otros. La contaminación del aire es la adición de cualquier sustancia que altere las propiedades físicas y químicas del mismo. La emisión de contaminantes a la atmósfera se pueden clasificar, según su origen, como provenientes de dos tipos de fuentes; naturales y antropogénicas.

- a) **Fuentes naturales.**- provenientes de actividades volcánicas o de la erosión, de la descomposición de materia orgánica o como productos de la fotosíntesis.
- b) **Fuentes antropogénicas.**- son aquellas que generan emisiones contaminantes como resultado de los asentamientos humanos y de las actividades económicas, sociales y de transporte que el hombre desempeña. Su mayor impacto incide en las zonas urbanas y principalmente en la formación de contaminantes fotoquímicos. Estos contaminantes pueden ser emitidos desde dos tipos de fuentes:
- **Fuentes fijas.**- son aquellas que no se desplazan como son las fábricas, calderas refinarias, plantas de proceso, etc. los principales contaminantes son los óxidos de azufre.
 - **Fuentes móviles.** incluyen a los vehículos automotores como automóviles y camiones que emiten la mayor parte de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno productos de la combustión y compuestos orgánicos volátiles provenientes de las evaporaciones de combustibles.

En términos muy generales en la Ciudad de México, la distribución de los contaminantes según se esquematiza en la figura 1⁽⁴⁾.

Aquellos contaminantes que se emiten directamente en la atmósfera desde las fuentes antropogénicas o naturales se definen como contaminantes primarios. Estos, a su vez en la atmósfera están sujetos a transformaciones físicas y químicas generando los llamados contaminantes secundarios.

En la Tabla 1. se muestran los principales contaminantes presentes en la atmósfera y algunas de sus propiedades.

Dentro de los contaminantes primarios tenemos:

- **SO₂** (Dióxido de azufre).- las emisiones principales provienen de fuentes fijas en la que se realiza la combustión de energéticos con un alto contenido de azufre
- **CO** (Monóxido de carbono).- se produce por la combustión incompleta de combustibles fósiles.
- **NO_x** (Óxidos de nitrógeno).- se produce por la reacción:
$$\text{N}_2 + \text{O}_2 \Rightarrow \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{N}_2\text{O}$$
debido a las altas temperaturas de combustión.
- **Pb** (Plomo).- la principal fuente de emisión de este contaminante proviene de la gasolina utilizada en los motores, se emite en forma de PbBrCl.
- **Partículas suspendidas.**- los aerosoles y las partículas provenientes de diversas fuentes son los causantes de daños respiratorios y disminución de visibilidad.

TABLA 1. CONTAMINANTES BÁSICOS DEL AIRE

NOMBRE	FÓRMULA	PROPIEDADES	IMPORTANCIA COMO CONTAMINANTE
Dióxido de azufre	SO ₂	Gas, incoloro con olor penetrante, muy soluble en el agua para formar H ₂ SO ₄	Daños a la vegetación, construcciones y salud
Óxido nítrico	NO _x	Gas incoloro	Se produce durante la combustión a altas temperaturas y presiones. Se oxida a NO ₂
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	Gas café-anaranjado	Es el mayor componente en la formación del smog fotoquímico
Monóxido de carbono	CO	Gas incoloro e inodoro	Producto de la combustión incompleta Venenoso
Ozono	O ₃	Muy reactivo	Daños generales a toda forma de vida y a las construcciones. Producto de smog fotoquímico
Hidrocarburos: Parafinas, isoparafinas, olefinas, naftenos, aromáticos, etc.	C _n H _{2n+1} C _n H _{2n}	Gases incoloros, olor característico, volátiles	Emitidos por los procesos de combustión y evaporación de combustibles

Los contaminantes secundarios están representados a su vez por:

- **O₃ (Ozono).**- este gas normalmente se forma en la atmósfera mediante proceso de fotólisis y su presencia en la estratósfera evita que las radiaciones ultravioleta lleguen a la superficie terrestre. En la tropósfera es el contaminante más común de atmósferas urbanas.
- **PANs (Nitrato de peroxiacetilo).**- es un producto secundario de la oxidación de hidrocarburos en presencia de nitrógeno.
- **Radicales libres.**- son intermediarios en la formación del smog fotoquímico, siendo los más importantes los del tipo hidroxilo y peroxilo.
- **H₂O₂ (Peróxido de nitrógeno).**- a través de la fotodescomposición produce radicales •OH.

1.3 FOTOQUÍMICA DE LA ATMÓSFERA

Las reacciones que se llevan a cabo en la atmósfera reciben el nombre de reacciones fotoquímicas. Dichas reacciones tienen la particularidad de que son favorecidas por la acción de la luz solar. Este tipo de reacciones inician con la absorción de un fotón por un átomo, molécula, etc., el cual se convierte en un ion ó radical libre. El resultado de la absorción depende de la energía y por lo tanto de la longitud de onda del fotón. Las reacciones químicas iniciadas requieren luz ultravioleta visible del espectro solar. La absorción puede producir efecto de excitación de partículas, disociación, rearreglo interno y/o fluorescencia.

El campo de estudio de la fotoquímica está dado en aquellas especies que absorban un fotón y se disocian para dar pauta a la formación del smog. El efecto inicial en la absorción de un fotón y disociación es llamada reacción fotoquímica primaria. Subsecuentemente las reacciones causadas por los productos primarios son llamadas reacciones fotoquímicas secundarias y esas también son fundamentales en la formación del smog.

Podemos resumir este proceso denotando a la especie A como el elemento a reaccionar:



donde:

$h\nu$: energía solar

A^* : partícula excitada.

h : cte. de Planck = 6.63×10^{-27} erg-seg.

seguido de la disociación de A^* en dos productos:



Esta reacción es de especial interés debido a que ésta describe el proceso general de la formación de smog, pero es aquí donde existe un gran número de cambios involucrados que pueden ocurrir debido a la absorción del fotón.

La atmósfera urbana es un reactor químico en el cual, debido a la acción de la luz solar, reaccionan las diversas especies presentes en la atmósfera. Las reacciones fotoquímicas que se realizan son sumamente complejas ya que involucran cientos de

especies y de reacciones químicas. La formación fotoquímica de contaminantes da origen a los llamados contaminantes secundarios, entre los cuales el más significativo es el ozono y su presencia en la atmósfera depende de:

- a) La emisión, dispersión y transporte de hidrocarburos y de óxidos de nitrógeno que son precursores del ozono
- b) La eficiencia de las reacciones fotoquímicas que ocurren en la atmósfera.
- c) La depuración atmosférica, que reduce la concentración tanto del ozono como de sus precursores.
- d) En general las condiciones meteorológicas prevalecientes.

El Valle de México tiene características geográficas y atmosféricas únicas en el mundo. Se encuentra rodeado de montañas que impiden la entrada de vientos que dispersen los contaminantes. Se encuentra a 2240 metros de altura, lo que enrarece su atmósfera con 23% menos de oxígeno que al nivel del mar⁽¹⁾. Por ello, sus procesos de combustión son más ineficientes y por lo tanto más contaminantes. Por su localización geográfica recibe una gran cantidad de insolación, lo que promueve una acelerada formación de ozono. Su altitud también incide para que el Valle sufra constantes inversiones térmicas y sistemas atmosféricos que atrapan los contaminantes dentro de su cuenca, ver figura 2.

1.3.1 EL OZONO Y SUS PRECURSORES

El ozono es un compuesto que en forma natural se encuentra presente tanto al nivel del suelo (tropósfera) como en sus capas superiores de la atmósfera (estratósfera). En la estratósfera (capa superior de la atmósfera que rodea a la tierra entre los 40 y 50 kilómetros de altitud), el ozono cumple una función vital para la protección de la vida en el planeta. La capa de ozono absorbe gran parte de la radiación ultravioleta emitida por el sol, impidiendo su paso a la superficie terrestre. La destrucción de esta capa de ozono en la estratósfera tiene como consecuencia una mayor penetración de la radiación ultravioleta a la tierra, lo cual afecta a los seres vivos y aumenta la probabilidad de cáncer en la piel de los humanos.

Contaminantes como los clorofluorocarburos (CFC's), empleados en los sistemas de refrigeración, aires acondicionados, aerosoles, espumas plásticas y algunos extinguidores de incendios, son capaces de destruir la capa de ozono estratosférico.

Por el contrario, en la tropósfera (la capa inferior de la atmósfera que envuelve a la tierra desde su superficie hasta los diez kilómetros), el ozono es un contaminante que puede causar daños a la salud en esta parte de la atmósfera.

El ozono se diferencia de los contaminantes primarios en que no se emite en los escapes de los automotores ni en las chimeneas, sino que proviene de complejas y numerosas reacciones entre hidrocarburos no metálicos (HCNM) y óxidos de nitrógeno (NO_x), en presencia de luz solar. Se pueden señalar dos ciclos generales de reacciones en donde participa el oxígeno molecular, los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los hidrocarburos reactivos, entre ellos los compuestos orgánicos volátiles.

1.3.1.1 LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO

La concentración de los óxidos de nitrógeno (NO_x) en el medio ambiente está regido por la emisión de fuentes antropogénicas; de éstas la actividad humana es la fuente principal de emisión debido a las grandes cantidades de gases contaminantes generados por los procesos de combustión. Dichas concentraciones de NO_x son suficientes para causar daños adversos en el hombre y medio ambiente.

Por sus características especiales; alta reactividad y permanencia atmosférica (2-8 días) los NO_x juegan un papel muy importante en la formación de ozono troposférico. Por un lado en condiciones normales y bajo la acción de la luz solar el dióxido de nitrógeno (NO_2) es capaz de dar pauta a la aparición de ozono en las distintas capas atmosféricas. Además, la presencia de otros compuestos como son: SO_2 , hidrocarburos, CO, etc., y en las mismas condiciones atmosféricas son reaccionantes y precursores directos e indirectos en la formación de ozono.

De tal forma que el proceso de formación de ozono en la ZMCM, bajo condiciones atmosféricas adversas está regido por las emisiones de NO_x . Estos compuestos son los contaminantes más difíciles de controlar en un proceso de combustión y los equipos de control los más caros del mercado, a lo cual la mejor alternativa es el manejo y control de los compuestos que reaccionan con los NO_x y minimizar dichas fuentes.

1.3.1.2 LOS HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos básicamente están formados por átomos de hidrógeno y carbono. Existe un término más general como compuestos orgánicos volátiles (COV's), que incluyen a los compuestos parafínicos (exceptuando al metano por su baja o nula

reactividad), compuestos oleofinicos, aromáticos, clorados, oxigenados y sus derivados, entre los más importantes. Algunos de estos compuestos son elementos básicos de las gasolinas utilizadas en la ZMCM

La formación de ozono relaciona directamente las concentraciones de los COV's y los óxidos de nitrógeno (COV's/NO_x). No todos los COV's son igual de reactivos con los óxidos de nitrógeno, los alquenos, nombre que se asigna a los hidrocarburos que contienen al menos un doble enlace, son los más reactivos con oxígeno y ozono, seguidos por el oxígeno que se encuentra en el grupo funcional de los aldehidos, luego los aromáticos y finalmente los hidrocarburos saturados. Se han realizado estudios simulando condiciones atmosféricas para determinar dichas relaciones, ver figura 4.

A la fecha se han logrado avances en la cuantificación de los cocientes COV's/NO_x de la atmósfera de la Ciudad de México. Por la alta concentración de COV's y sus bajas concentraciones de NO_x, esta relación ha llegado a tener un valor de 15, mientras que en los Angeles ciudad considerada la más contaminada de los E.U.A., el valor máximo es de 1.1⁽¹⁾

1.1.1.1 CICLOS FOTOQUÍMICOS DE LA FORMACION DE OZONO

Un primer ciclo de reacciones explica la formación y destrucción del ozono con base en la disociación del dióxido de nitrógeno (NO₂) que libera un átomo de oxígeno (O) y una molécula de óxido nítrico (NO). El átomo libre de oxígeno se une al oxígeno molecular (O₂) formando una molécula de ozono (O₃). El ozono reacciona a su vez con el óxido nítrico y se asocia para formar de nuevo oxígeno molecular y dióxido de nitrógeno (NO₂), cerrándose así el ciclo. Los compuestos orgánicos volátiles pueden

reactividad), compuestos oleofínicos, aromáticos, clorados, oxigenados y sus derivados, entre los más importantes. Algunos de estos compuestos son elementos básicos de las gasolinas utilizadas en la ZMCM.

La formación de ozono relaciona directamente las concentraciones de los COV's y los óxidos de nitrógeno (COV's/NO_x). No todos los COV's son igual de reactivos con los óxidos de nitrógeno, los alquenos, nombre que se asigna a los hidrocarburos que contienen al menos un doble enlace, son los más reactivos con oxígeno y ozono, seguidos por el oxígeno que se encuentra en el grupo funcional de los aldehidos, luego los aromáticos y finalmente los hidrocarburos saturados. Se han realizado estudios simulando condiciones atmosféricas para determinar dichas relaciones, ver figura 4.

A la fecha se han logrado avances en la cuantificación de los cocientes COV's/NO_x de la atmósfera de la Ciudad de México. Por la alta concentración de COV's y sus bajas concentraciones de NO_x esta relación ha llegado a tener un valor de 35, mientras que en los Ángeles ciudad considerada la más contaminada de los E.U.A., el valor máximo es de 11⁽⁴⁾.

1.3.1.3 CICLOS FOTOQUÍMICOS DE LA FORMACIÓN DE OZONO

Un primer ciclo de reacciones explica la formación y destrucción del ozono con base en la disociación del dióxido de nitrógeno (NO₂) que libera un átomo de oxígeno (O) y una molécula de óxido nítrico (NO). El átomo libre de oxígeno se une al oxígeno molecular (O₂) formando una molécula de ozono (O₃). El ozono reacciona a su vez con el óxido nítrico y se disocia para formar de nuevo oxígeno molecular y dióxido de nitrógeno (NO₂), cerrándose así el ciclo. Los compuestos orgánicos volátiles pueden

alterar este ciclo, ya que reaccionan más rápidamente con el óxido nítrico que el ozono e impiden que este se disocie, aumentando su tiempo de vida y concentración en la atmósfera, ver figura 3.

El origen natural de los precursores de ozono es muy diverso. El oxígeno constituye el 21% de la composición de la atmósfera y los óxidos de nitrógeno provienen de incendios forestales, quema de pastizales, tormentas eléctricas y procesos de descomposición de materia orgánica y de actividades propias de la actividad humana.

Las concentraciones de ozono en la estratósfera alcanzan en promedio diez partes por millón (ppm), mientras la concentración de fondo natural en el nivel de superficie terrestre es de 0.01 ppm. La norma mexicana para la protección de la salud indica una concentración máxima de 0.11 ppm en una hora, lo que representa un nivel 11 veces superior a la concentración de fondo. La actividad del hombre puede incrementar o disminuir las concentraciones naturales de ozono. En la estratósfera, una molécula de CFC tiene una vida mayor a 100 años y su actividad puede destruir 100 mil moléculas de ozono. En la estratósfera, la quema y el uso de hidrocarburos necesarios para realizar la mayoría de las actividades cotidianas, aumenta la formación de ozono debido al incremento en la emisión de sus precursores.

El control del ozono es sumamente complicado ya que implica la disminución de las emisiones de dos contaminantes cuyo control en sí es difícil y costoso, y que además están relacionados con todas las actividades que implican el consumo de combustibles, así como el uso y aplicación de solventes y sus derivados.

En la Ciudad de México se han implementado diversas medidas enfocadas al control de los precursores de ozono, entre los cuales cabe destacar la verificación vehicular,

así como la introducción de convertidores catalíticos, la instalación de techos flotantes en los tanques de almacenamiento de PEMEX y la introducción de los Sistemas de Recuperación de Vapores (SRVs) de gasolina en todas las fases involucradas en el manejo del combustible⁽³⁾.

1.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PROVOCADOS EN LA SALUD Y MEDIO AMBIENTE

En ciudades donde se presenta el efecto de la contaminación atmosférica y que su ambiente está caracterizado por el smog fotoquímico es necesario conocer: quién esta expuesto a dicho ambiente, la cantidad y tipos de sustancias contenidas, tiempo de exposición y condiciones climatológicas; para lo cual se establece un diseño y solución que de una respuesta social para resolver dicho problema

La salud y la preservación de los recursos naturales es la justificación empleada en todos los programas de manejo de contaminación atmosférica, sin embargo los efectos de la contaminación en la Ciudad de México se han estudiado y medido en forma independiente debido a la gran variedad existente de contaminantes. En México se han estudiado los contaminantes o agentes que permiten conocer la calidad del aire y sus efectos sobre la salud y medio ambiente, encontrándose entre los mas importantes; CO, NO₂, SO₂, O₃, e hidrocarburos.

Salud humana. A continuación se muestran algunos de los efectos sobre la salud que provocan dichos contaminantes:

- **CO:** el monóxido de carbono entra al flujo sanguíneo y reduce el transporte de oxígeno a células y tejidos. Se le ha asociado a disminución de la percepción visual, capacidad de trabajo, destreza mental y habilidad de aprendizaje.
- **NO₂:** el dióxido de nitrógeno puede irritar los pulmones y reducir la resistencia respiratoria a las infecciones. Los efectos de exposición a corto plazo no están claros, pero la exposición continua o frecuente a concentraciones mayores que las encontradas normalmente en el aire pueden causar incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias.
- **SO₂:** algunos de los efectos más importantes en la salud de la población a la exposición de dióxido de azufre, son: alteraciones del proceso respiratorio, enfermedades respiratorias y aumento de síntomas y anomalías en la defensa pulmonar, agravación de enfermedades respiratorias y cardiovasculares y mortalidad. Los más afectados son aquellos que padecen asma y enfermedades respiratorias crónicas (bronquitis, enfisema, etc.). Los niños y los ancianos pueden ser sensibles a este compuesto.
- **O₃:** los efectos del ozono en la salud se explican por ser un oxidante muy potente, que ejerce su acción principal por dos mecanismos:
 - 1) Por la oxidación de grupos sulfhídrico y aminoácidos de enzimas, coenzimas, proteínas y péptidos.
 - 2) Por la oxidación de ácidos grasos polinsaturados a ácidos grasos y peróxidos⁽⁶⁾.

Dado que las membranas celulares están formadas por proteínas y lípidos, constituyen un blanco para el ozono, que en zonas urbano-industriales con grandes emisiones de O_3 , se incrementa los cambios estructurales irreversibles en los pulmones.

Los efectos estructurales que se presentan después de exposiciones prolongadas son padecimientos tales como: fibrosis pulmonar, peribronquial y centriacinal⁽⁷⁾. Exposiciones a largo plazo pueden acelerar los procesos normales de envejecimiento y los relacionados con el crecimiento o pueden aumentar el riesgo a la formación de cáncer.

Los grupos que se han caracterizado como sensibles a la exposición de éste contaminante son: neonatos y jóvenes cuyos pulmones se encuentran en desarrollo, personas que hacen ejercicio o que trabajan en ambientes extramuros, individuos con obstrucción pulmonar y enfermedades de vías respiratorias, fumadores y personas que respiran por la boca.

- **Hidrocarburos:** los hidrocarburos son un grupo extenso de compuestos, que incluye tanto agentes tóxicos como inocuos. Estos han sido relacionados con irritación de mucosas y con la reducción de la efectividad de la defensa local contra infecciones tanto en personas como en animales. Pero su efecto más controversial es el relativo a la interacción de alguno de estos agentes con el DNA celular de distintos tejidos, llevando a mutaciones, con posible repercusión en malformaciones y en la generación de cáncer.

Uno de los hidrocarburos que presenta una mayor problemática es el benceno, debido a que este se encuentra en las gasolinas como resultado de sus existencia en el aceite crudo o como subproducto en los procesos de refinación. Bajo condiciones de exposición a este compuesto y debido a su alta volatilidad, entra al organismo por inhalación del mismo. Los efectos a este tipo de exposición primaria corresponden a los efectos generales comunes de todos los disolventes orgánicos relacionados directamente con sus propiedades fisicoquímicas, en particular con su elevada liposolubilidad, lo cual explica su fácil acceso a las células del sistema nervioso central y el efecto depresor inmediato característico de la intoxicación aguda.

En las mucosas expuestas el benceno ejerce una acción irritante local que en función de la concentración, duración del contacto y susceptibilidad individual da lugar a una reacción inflamatoria de la superficie involucrada del revestimiento epitelial. Algunas manifestaciones comunes de éste efecto irritativo que se producen son: ardor ocular, lagrimeo, ardor faríngeo, tos, etc. Cuando la exposición al benceno se mantiene en forma prolongada, pueden instalarse alteraciones de evolución crónica del tipo bronquitis en las vías respiratorias superiores.

Los efectos subagudos y crónicos del benceno se refieren a cambios patológicos, reversibles o irreversibles que se desarrollan con posterioridad (más de 60-90 días) a la exposición única o repetida al disolvente y que pueden ocurrir a pesar de haber cesado la exposición. Entre los efectos crónicos más desarrollados por este tipo de disolvente es la generación de cáncer en sus diversas manifestaciones como son: cáncer en los pulmones, cáncer en la faringe, y leucemia en la sangre entre otros.

Adicionalmente al análisis entre la asociación entre concentraciones de elementos suspendidos y mortalidad diaria, que se han realizado en aquellas ciudades que presentan en su atmósfera el smog fotoquímico en los últimos años, se han acumulado información que indica que partículas de SO_2 , CO y posiblemente de O_3 , pudiera estar relacionado con la mortalidad. Tal fenómeno pudiera ocurrir aún con los niveles actualmente aceptados por las normas de calidad del aire. La mortalidad que se ha detectado se relaciona primordialmente con población susceptible a dichas condiciones.

Plantas y vegetación. La contaminación del aire puede afectar a las plantas en diferentes grados. A niveles bajos, por ejemplo, debajo de los niveles permisibles no hay efectos, tales como daño visible, efectos crónicos o acumulativos, efectos genéticos o aun cambios graduales en la comunidad vegetal. Sin embargo a este nivel los contaminantes se pueden almacenar en las plantas, introducir en la cadena alimenticia y afectar a los animales que se comen esas plantas.

Las plantas adquieren los contaminantes ya sea directamente, a través de intercambio de gases con la atmósfera, o a través de la humedad absorbida del suelo. El suelo puede haber estado expuesto a contaminantes ácidos del aire, en particular se disuelven fácilmente en la humedad superficial o lluvia. Aun cuando la fuente de contaminación del aire se haya removido, los materiales pueden permanecer ahí para afectar su crecimiento, aunque con el tiempo se diluyen y separan por lixiviación con la lluvia.

Con lo que respecta al ozono este se introduce en la hoja de la planta y ataca a las células, como resultado, destruye la clorofila y reduce la tasa de fotosíntesis. Las

células superiores tienden a permanecer intactas y con apariencia saludable, aunque las células internas estén seriamente dañadas.

Animales. Otros contaminantes del aire en forma de gases afectan a los animales de la misma manera que lo hacen con los seres humanos, aunque algunos animales son menos, y otros más sensibles. Los casos reportados en gatos, aves de corral, ganado vacuno y perros por este tipo de contaminantes han llegado a ser problemas de enfisema pulmonar y posteriormente falla cardíaca⁽⁵⁾.

Materiales. Los contaminantes del aire tienen un efecto deteriorante sobre los materiales: piedra, pinturas, vidrio teñido, materiales de fibras y otros. Otra de las consecuencias son el deterioro más rápido de ropa, cortinas, madera, la corrosión de metales y el ensuciamiento y la ruptura subsecuente de obras de pintura. El ozono por su parte reduce la vida de las llantas en cantidades considerables.

La mayor parte de los efectos de la contaminación del aire sobre plantas, animales, inmuebles y salud humana trascienden a un costo directo para los individuos y la sociedad; se han realizado intentos para valorar algunos de éstos, aunque ciertos factores tales como aflicción por enfermedad o la pérdida de obras de arte no se pueden valorar en simples términos económicos.

1.5 LA IMPORTANCIA DE LAS GASOLINAS EN MÉXICO

Las gasolinas modernas son mezclas de cantidades variables de parafinas, olefinas, naftalenos y compuestos aromáticos, formulados para obtener características deseadas (de arranque, aceleración, etc.) cuando son quemados en los automotores. Por un lado se han identificado cerca de 200 hidrocarburos diferentes cuando se combustiona

totalmente la gasolina⁽³⁵⁾, además se ha encontrado un factor adicional de complicación hacia la contaminación atmosférica los cuales corresponden a la pérdida de evaporación de los respiraderos del carburador y del tanque combustible, al igual que las primeras emisiones son causa de formación de smog fotoquímico, muy común en la Ciudad de México. Los vapores, tanto del tanque combustible como del carburador, dependen de la volatilidad del combustible utilizado así como de la temperatura ambiente y condiciones meteorológicas de la Ciudad de México, que modifica los procesos de combustión y reacciones de emisiones evaporativas además de que su ubicación en una cuenca que dificulta la dispersión de contaminantes.

El consumo de la gasolina en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México representó en el pasado reciente del 25 al 30% el total nacional, para las siguientes décadas se estima que el crecimiento de la demanda será de una tasa anual ligeramente menor al 4%, con lo cual se pasaría de un consumo de 100 a 217 mil barriles diarios entre 1989 y el año 2010⁽³⁶⁾, tomando en cuenta que uno de cada mil litros de gasolina distribuida se evapora, entonces en éste mismo periodo se evaporarán entre 100 y 217 barriles diarios de gasolina⁽³⁷⁾.

La siguiente tabla muestra un análisis de las gasolinas que actualmente se consumen en la Ciudad de México⁽³⁸⁾.

	MAGNASIN		NOVA	
	% peso	% vol	% peso	% vol
Parafinas	40.10	41.99	39.61	42.39
Isoparafinas	37.48	37.09	43.30	42.21
Olefinas	20.04	19.10	13.33	12.54
Naftenos	1.36	1.10	2.00	1.62
Aromáticos	0.99	0.69	1.65	1.15
No Identificados	0.04	0.03	0.11	0.09
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

1.5.1 GASOLINAS OXIGENADAS

A la altura de la Ciudad de México, 2240 metros sobre el nivel del mar, existe 23% menos de oxígeno que en la costa. Esta circunstancia afecta negativamente los motores de combustión interna, en los que la gasolina es quemada en presencia de oxígeno que se toma del ambiente. Si falta oxígeno la combustión es incompleta motivando que por el escape se emita gasolina que no alcanzó a quemarse y una cantidad mayor de monóxido de carbono.

A partir de 1989, toda la gasolina que se distribuye en el Valle de México se oxigena por medio de la adición (5% en volumen) de un compuesto denominado éter metil terbutílico o MTBE.

De acuerdo con múltiples estudios realizados, el uso de gasolinas oxigenadas permite reducir en 15% las emisiones de monóxido de carbono y en 11% las de hidrocarburos, sin incrementar los óxidos de nitrógeno y a su vez la disminución de los compuestos orgánicos volátiles.

1.5.2 REFORMULACIÓN DE GASOLINAS

Los principales parámetros de la gasolina desde el punto de vista de la contaminación atmosférica son el contenido de aromáticos y olefinas, ya que estos son el grupo de hidrocarburos más reactivos en la atmósfera y por lo tanto precursores de ozono. Adicionalmente, es de especial interés el contenido de benceno, así como la presión de vapor Reid, ésta última determina la facilidad con que la gasolina se evapora.

Desde diciembre de 1992 PEMEX estableció especificaciones para limitar el contenido de hidrocarburos reactivos en las gasolinas Nova y Magna Sin⁽³⁾. Igualmente se limita la presión de vapor y el contenido de benceno. Los límites especificados son:

- olefinas: 15% en volumen⁽³⁾
- aromáticos: 30% en volumen⁽³⁾
- benceno: 2% en volumen⁽³⁾
- presión de vapor Reid: 7.5 libras por pulgada cuadrada⁽³⁾.

En cuanto a los aromáticos y el benceno tanto la gasolina Nova y Magna Sin cumplen actualmente con estas especificaciones. En relación a las olefinas, las gasolinas de la ZMCM todavía no cumplen con las metas de la EPA para 1996, sin embargo, el

contenido promedio de olefinas está en el mismo rango que las gasolinas que actualmente son vendidas en los Estados Unidos.

1.6 SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA

La instalación de sistemas de recuperación de vapores en todo el sistema de almacenamiento, transporte y venta al público de gasolina permite controlar emisiones de hidrocarburos que son altamente reactivos, precursores de ozono. Estos vapores son también en exceso tóxicos. El proceso de recuperación de vapores constituye un ciclo cerrado, integrado por las siguientes etapas:

- Sistemas que evitan que los vapores generados durante las carga de combustible los vehículos emitan en las estaciones de servicio, mediante su retorno a los tanques de almacenamiento (FASE II).
- El transvasado y traslado de los vapores recuperados en los tanques de las gasolineras a las terminales de distribución, mediante camiones autotanque adecuadamente equipado para ello y finalmente,
- La captación y recuperación final de los vapores en las terminales de distribución de PEMEX.

Durante el primer semestre de 1995 se ha hecho obligatorio que las gasolineras de la Zona Metropolitana instalen equipos de recuperación de vapores, a lo cual se ha hecho de la convocatoria para la participación de las principales tecnologías para su posible instalación en la Zona Metropolitana del Valle de México⁽²⁾.

Las acciones emprendidas por PEMEX y el gobierno de México para mejorar los combustibles y recuperar sus vapores representa un ejemplo de ámbito internacional para preservar el medio ambiente, que sin lugar a dudas es una de las metas más importantes en nuestros días.

CAPÍTULO SEGUNDO

DEFINICIONES Y TÉRMINOS TÉCNICOS

2.1 CICLO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE

Este ciclo se integra de tres etapas principales⁽²⁰⁾, en una primera etapa se ven involucradas las instalaciones de terminales, agencias de ventas y ductos de transporte, en una segunda etapa son transferidos los productos petrolíferos en grandes cantidades por medio de unidades móviles denominadas **autotanques** y **carrotanques**, hacia las terminales destinadas al suministro de combustibles al público, comúnmente denominadas **estaciones de servicio** que integran la última etapa, ver figura 5

2.1.1 TERMINALES

Una terminal se integra de dos instalaciones principales: **área de almacenamiento** y **área de distribución de combustibles**.

Área de almacenamiento: es aquella donde se ubican los tanques de almacenamiento del tipo vertical que contienen los diferentes combustibles, desde donde son bombeados hacia el área de distribución.

Área de distribución: es el conjunto de islas dispuestas de manera estratégica para el suministro de combustible a los autotanques. Estas están integradas por un número variado de llenaderas.

Llenadera de autotanques: instalación donde se realiza el suministro de combustibles a los autotanques para su distribución, está constituida de estructuras, tuberías, accesorios e instrumentos de medición⁽²¹⁾. El número de llenaderas o posiciones de llenado de una terminal varía de 4 hasta 47 llenaderas en nuestro país.

2.1.2 AUTOTANQUES

Autotanque: vehículo automotor destinado y acondicionado con los dispositivos necesarios para transportar y suministrar combustibles a las estaciones de servicio. Estos deben disponer de los dispositivos para efectuar la recuperación de vapores durante su abastecimiento en la terminal y su descarga posterior en la estación de servicio. Las capacidades varían de 15,000 a 50,000 litros.

Hay dos clases de autotanques de diseños diferentes. Primero los autotanques en que el producto se transporta esencialmente a la presión atmosférica y, en segundo lugar, los autotanques en que el producto se transporta a presión relativamente elevada⁽²²⁾.

Los dispositivos principales que debe poseer el autotanque para la descarga de combustible en una estación de servicio se enlistan en la tabla 3. De manera similar los dispositivos necesarios para recuperar los vapores desplazados por el combustible se enlistan en la tabla 4.

TABLA 3. COMPONENTES PARA LA DEMARCACION DE COMBUSTIBLE EN ATENCIONES

COMPONENTE	REQUISITOS
Compuerta de 6 y 8 pulg para compartimento de combustible	Proteger de la corrosión los componentes para la conexión y la separación de la capota
Dispositivos de seguridad	Evitar los riesgos para el usuario de incendio o explosión de combustible y/o gases de escape
Dispositivos de seguridad mecánicos	Evitar riesgos para el usuario de incendio o explosión de combustible
Medidas de seguridad para el usuario	Evitar el riesgo de contaminación por fugas de combustible
Medidas de seguridad para el medio ambiente	Evitar la contaminación
Medidas de seguridad para el personal	Evitar lesiones al personal de mantenimiento al trabajar con el combustible
Medidas de seguridad para el combustible	Evitar el riesgo de contaminación por fugas de combustible
Medidas de seguridad para el ruido	Evitar el riesgo de contaminación acústica
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape

COMPONENTES PARA LA DEMARCACION DE COMBUSTIBLE EN ATENCIONES

COMPONENTE	REQUISITOS
Dispositivos de seguridad	Evitar los riesgos para el usuario de incendio o explosión de combustible y/o gases de escape
Dispositivos de seguridad mecánicos	Evitar riesgos para el usuario de incendio o explosión de combustible
Medidas de seguridad para el usuario	Evitar el riesgo de contaminación por fugas de combustible
Medidas de seguridad para el medio ambiente	Evitar la contaminación
Medidas de seguridad para el personal	Evitar lesiones al personal de mantenimiento al trabajar con el combustible
Medidas de seguridad para el combustible	Evitar el riesgo de contaminación por fugas de combustible
Medidas de seguridad para el ruido	Evitar el riesgo de contaminación acústica
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape
Medidas de seguridad para el escape	Evitar el riesgo de contaminación por gases de escape

TABLA 3. COMPONENTES PARA LA DESCARGA DE COMBUSTIBLE EN AUTOTANQUES

COMPONENTE	FUNCIÓN
Compuerta de 6 y 8 pulg. para compartimento de mangueras	Proteger de la intemperie las mangueras para la descarga y la recuperación de vapores.
Dispositivo térmico u óptico.	Servir de interfase para un sistema de control automático de temperaturas y de nivel de combustibles.
Dispositivo de seguridad neumático	Prevenir posibles fugas de combustible durante la carga o descarga del autotanque.
Adaptador de carga con tres posiciones ó válvula de tres vías.	Permitir la carga de combustible por el fondo del autotanque, su manejo es manual.
Adaptador inclinado.	Permitir descargar el combustible en su totalidad debido a los 22 ½ grados de inclinación.
Tapa de 3 y/o 4 pulg con agarradera.	Proteger de la intemperie el adaptador inclinado.
Sistema múltiple de adaptación.	Permitir la carga o descarga múltiple por el fondo del autotanque.
Cubierta para adaptador múltiple.	Proteger de la intemperie el adaptador múltiple.

TABLA 4. COMPONENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE VAPORES EN AUTOTANQUE

COMPONENTE	FUNCIÓN
Dispositivo de seguridad neumático	Prevenir posibles fugas de vapores durante la carga y descarga de combustible.
Adaptador para recuperación de vapores en autotanque	Conectar mangueras para recuperación de vapores del tanque de almacenamiento de la estación de servicio al autotanque
Válvula check con dispositivo de seguridad neumático	Este dispositivo cumple con la función combinada de los dos anteriores.
Tapa de 4 pulg para adaptador.	Proteger de la intemperie el adaptador de recuperación de vapores del autotanque.
Cople adaptador para manguera de recuperación de vapores	Conectar la manguera de recuperación de vapores al autotanque.

2.1.3 ESTACIONES DE SERVICIO

Las estaciones de servicio se clasifican en ocho tipos característicos de acuerdo a su ubicación y al sector por atender⁽²⁰⁾, de los cuales se mencionan los dos grupos principales:

Estación de servicio: es el establecimiento destinado a la venta de gasolinas y diesel al público en general, suministrándolos directamente de depósitos confinados a los tanques de los vehículos automotores, así como de aceites y grasas lubricantes.

Estación de autoconsumo: es el establecimiento para el despacho de gasolinas y diesel a los vehículos de empresas particulares e instituciones gubernamentales, que se suministran directamente de depósitos confinados a los tanques de los vehículos automotores, así como de aceites y grasas lubricantes.

Pruebas de hermeticidad: métodos utilizados para comprobar la inexistencia de fugas de hidrocarburos en las estaciones de servicio.

Manual de procedimiento: es el documento denominado manual de procedimientos de operación, seguridad y mantenimiento, en estaciones de servicio, elaborado por PEMEX-Refinación⁽²⁰⁾.

Especificaciones técnicas: las especificaciones generales vigentes para proyecto y construcción de estaciones de servicio elaboradas por PEMEX-Refinación⁽²⁰⁾.

2.2 FASES EN LA RECUPERACIÓN DE VAPORES

Sistema de recuperación de vapores en sus tres fases: es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar las emisiones de los vapores de gasolina producidos en las operaciones de transferencia de este combustible en las estaciones de servicio, que de otra manera serían emitidos libremente a la atmósfera. El control de las emisiones de vapores de gasolina en las estaciones de servicio se divide en dos fases denominadas fase I y fase II. Los vapores recuperados son transferidos del tanque de almacenamiento hacia el autotanque y finalmente se llevan a la terminal de distribución de PEMEX, para su tratamiento y recuperación final. A esta etapa se le denomina fase 0.

En la figura 7 se ilustran las tres fases involucradas en la recuperación de vapores.

2.2.1 FASE 0

Es la etapa en la recuperación de vapores en la cual ocurre la recolección y recirculación de los vapores de gasolina originados por la transferencia de combustible del tanque de almacenamiento de la terminal de distribución hacia el autotanque. Estos vapores son conducidos a la unidad de recuperación de vapores la cual puede operar bajo diferentes principios.

2.2.1.1 UNIDAD DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

Consiste en la instalación de accesorios y equipos destinados a 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 distribución hacia el

autotanque. Los vapores recuperados son conducidos desde cada posición de llenado de autotanque a través de un cabezal de tubería hacia la unidad de recuperación de vapores. Por tanto implica la recolección, recuperación y recirculación de los vapores desplazados por el bombeo de los diferentes combustibles manejados (nova, magna sin, diesel y diáfano), ver figura 8.

2.2.1.2 TECNOLOGIAS

Existen seis tecnologías conocidas para efectuar la recuperación de vapores en las terminales, las cuales se mencionan a continuación:

- a) **Adsorción-Desorción-Absorción:** consiste en el tratamiento de vapores de gasolina a través de camas de carbón activado, de donde son desorbidos y recuperados en gasolina líquida para su recirculación al tanque de almacenamiento de combustible de menor calidad de la terminal.
- b) **Saturación-Almacenamiento-Compresión-Absorción-Termo oxidación:** es un proceso de recuperación de vapores basado en la saturación de la mezcla aire-hidrocarburos con gasolina fresca. Implica una etapa de almacenamiento de los vapores en un tanque amortiguador para su posterior compresión fuera de los límites de explosividad. Los líquidos condensados son recuperados en gasolina fresca y conducidos a través de una línea de recirculación hacia el tanque de almacenamiento de la terminal. Los vapores no recuperados son incinerados por medio de un quemador de alta eficiencia.
- c) **Sistema Criogénico:** consiste en dos etapas de refrigeración, en la primera los vapores de gasolina son llevados hasta una temperatura de 35°F a través de un

serpentín, por el cual circula el refrigerante R-22 (del tipo hidroclofluorocarbonos). En un segundo serpentín en el que circulan los refrigerantes R-23 (del tipo hidroclofluorocarbonos) y HP-62 la temperatura desciende a -100°F . La segunda etapa involucra el uso de nitrógeno líquido a través de un tercer serpentín a fin de descender la temperatura hasta -180°F si se requieren emisiones a la atmósfera menores.

- d) **Refrigeración con propano:** es el proceso de recuperación de vapores que involucra el enfriamiento de los vapores de gasolina a través de un serpentín que conduce gas propano a una temperatura de -35°F , con objeto de recuperar los condensados en una corriente líquida de gasolina fresca.
- e) **Absorción-Evaporación instantánea-Absorción:** este proceso se divide en tres etapas para la recuperación de vapores de gasolina. En la primera etapa los vapores son absorbidos por un líquido selectivo en una torre de platos, la corriente de salida de esta torre es alimentada a una columna de vaporización instantánea de dos cámaras conectadas en serie, en estas se separan los hidrocarburos del líquido selectivo, el cual es recirculado a la primera torre. Los vapores que salen de la columna de vaporización se recuperan en una columna de absorción por medio de una corriente de gasolina fresca y son conducidos a un tanque de almacenamiento.
- f) **Criogénico-Termo oxidación:** esta tecnología combina los procesos de refrigeración mecánica y la termo oxidación o incineración de los vapores excedentes. Los vapores provenientes del cabezal pasan a través de un serpentín de pre-enfriamiento que reduce la temperatura hasta 4°C . El agua y el hidrocarburo condensados pasan a un recipiente a presión donde se almacenan.

El proceso de refrigeración emplea dos serpentines que operan a una temperatura media de -3.4°C . Un serpentín siempre está en línea y el otro está en deshielo. Los vapores condensados son drenados desde el serpentín que se encuentra en operación hasta un recipiente secundario. Este sistema está provisto de dos bombas una destinada para la evacuación del agua y la otra para el bombeo de hidrocarburos condensados. El termo oxidador opera a una temperatura de 872°C , asegurando que el vapor de gasolina entrante reside por lo menos un segundo, con el fin de presentar un emisión de COV's a la atmósfera menor a 10 ppm.

2.2.1.3 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Tanques verticales de techo fijo: estos tanques pueden almacenar productos cuya presión de vapor Reid (PVR) no llegue a 0.169 kg/cm^3 (2.4 lb/pulg^3) y que por lo tanto, se almacenen prácticamente a presión atmosférica y no ofrezcan mayores riesgos por la cantidad de vapores que se desprendan en estas condiciones⁽²³⁾.

Tanques verticales con techo flotante: estos tanques pueden almacenar productos cuya presión de vapor se encuentre entre 0.169 kg/cm^3 (2.4 lb/pulg^3) y 1 kg/cm^3 (14.2 lb/pulg^3).

Este techo está diseñado de tal forma que le permite flotar sobre el líquido almacenado evitando los grandes volúmenes de gases y vapores que existen en los tanques de techo fijo⁽²³⁾.

2.2.2 FASE I

Es una etapa en la recuperación de vapores basada en la recolección de los vapores de gasolina originados por la transferencia de combustible desde el autotanque hacia el tanque de almacenamiento de la estación de servicio. Los vapores recuperados son transportados por el autotanque hasta la terminal de distribución, ver figura 8.

La recuperación de vapores de la fase I, puede efectuarse por cualquiera de los siguientes sistemas:

- **Coaxial:** el tanque debe contar con un accesorio de llenado concéntrico que permita simultáneamente la recuperación de vapores del tanque de almacenamiento y la descarga del combustible del autotanque, ver figura 9.
- **Dos puntos:** en este sistema el combustible es vaciado por una línea y los vapores son recuperados por otra, ver figura 10.

2.2.2.1 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 combustible del autotanque al tanque de almacenamiento de la estación de servicio (ver figura 8). Los vapores recuperados son transferidos del tanque de almacenamiento hacia el autotanque y finalmente se llevan a la terminal de distribución de PEMEX para su procesamiento.

2.2.2.1.1 COMPONENTES INDISPENSABLES PARA LA FASE I

Con la finalidad de efectuar la recuperación de vapores en la fase I se requiere disponer de los componentes a instalarse en el tanque de almacenamiento de la estación de servicio (ver figuras 13 y 21) y de los componentes correspondientes al autotanque, estos se enlistan en la tabla 4 y los concernientes al tanque de almacenamiento se enlistan en la tabla 5.

TABLA 5. COMPONENTES PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
COMPONENTE	FUNCIÓN
Adaptador con tapa para llenado de tanque de almacenamiento.	Conectar la manguera de descarga del autotanque
Adaptador con tapa para recuperación de vapores de tanque de almacenamiento a autotanque.	Conectar la manguera de recuperación de vapores del autotanque
Contenedor de derrames con válvula de drenaje	Acumular los derrames de combustible durante la descarga del autotanque.
Conexión tipo "T" y/o "cruz" para recuperación de vapores.	Interconectar tuberías de recuperación de vapores.
Válvula de seguridad para el sobre llenado.	Prevenir el paso de combustible hacia las tuberías de recuperación de vapores.
Tubo de llenado para tanque de almacenamiento.	Evitar la turbulencia al abastecer el tanque de almacenamiento
Válvula de venteo presión/vacío.	Liberar la presión a la atmósfera y/o evitar un colapso del tanque.
Sensor de fugas.	Detectar fugas de vapor o líquido al exterior del tanque.
Codo coaxial de 4 pulg.	Permitir en forma simultánea la descarga de combustible y la recuperación de vapores.
Codo de 4 pulg. para descarga de combustible.	Permitir la descarga de combustible de autotanque al tanque.

TABLA 5. (CONTINUACIÓN)

COMPONENTE	FUNCIÓN
Codo de 4 pulg. para la recuperación de vapores.	Permitir la recuperación de vapores durante la descarga del autotanque.
Manguera de 4 pulg. para descarga de combustible.	Permitir la descarga de combustible del autotanque al tanque.
Manguera de 4 pulg. para recuperación de vapores de combustible.	Permitir la recuperación de vapores durante la descarga del autotanque.

Los componentes correspondientes al autotanque se citaron en el punto 2.1.2.

2.2.2.1.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Recipiente de cuerpo cilíndrico destinado a almacenar combustibles, constituido por dos contenedores concéntricos con espacio anular entre ambos (ver figura 20). Existen dos tipos de tanques de almacenamiento que son: subterráneos y superficiales.

Los tanques subterráneos son de uso común en las estaciones de servicio, ver figura 21. Los tanques superficiales podrán instalarse solo cuando las condiciones del terreno dificulten la instalación de tanques subterráneos y se cuente con la autorización de PEMEX⁽²⁰⁾.

Los materiales de fabricación pueden ser los siguientes:

Contenedor primario/contenedor secundario

- Acero al carbón/Fibra de vidrio
- Acero al carbón/Polietileno de alta densidad
- Fibra de vidrio/Fibra de vidrio

Espacio anular: es el espacio libre entre los dos contenedores de un tanque de almacenamiento o el espacio existente entre las dos tuberías para conducción de combustible.

2.2.3 FASE II

Es la etapa en la recuperación de vapores basada en la recolección de los vapores de gasolina originados por la transferencia de combustible desde el tanque de almacenamiento de la estación de servicio hacia el tanque de almacenamiento del vehículo automotor. Los vapores recuperados son conducidos desde la pistola de despacho del dispensario de combustible hasta el tanque de almacenamiento de la estación de servicio, ver figura 7.

2.2.3.1 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, (ver figuras 12 y 13). Los vapores recuperados son transferidos desde el tanque del vehículo hacia el tanque de almacenamiento. En su caso los vapores excedentes que no puedan ser recuperados son incinerados mediante un sistema de procesamiento de vapores para evitar su emisión a la atmósfera.

Método de medición de captura total de vapores: Método de medición de vapores de gasolina recuperados que se basa en la recolección en un dispositivo llamado capturador de vapores a través de un adsorbedor de carbón activado, de aquellas emisiones de vapores de gasolina del tanque del vehículo automotor, las cuales no

han sido recolectadas por el SRV's. El cambio en el peso del adsorbedor corresponde a las emisiones de vapores de gasolina del vehículo automotor, ver figura 20.

Eficiencia de laboratorio: es un parámetro que indica el porcentaje de vapores de gasolina debido a la acción de un SRV's que de otra manera serían emitidos libremente a la atmósfera. Se evalúa estando el sistema instalado en el laboratorio de prueba (IMP) por el método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995⁽¹⁶⁾.

Capturador de vapores: es el dispositivo diseñado especialmente para efectuar la captura de vapores de gasolina durante el despacho de gasolina al vehículo, ver figura 20.

Tasa volumétrica vapor/líquido: es la relación entre el volumen de vapores recuperados y el volumen de combustible cargado al tanque del automotor multiplicado por 100 y medida inmediatamente junto a la pistola de despacho de combustible durante el llenado del tanque del vehículo.

Emisiones básicas: emisiones de vapores de gasolina a la atmósfera durante el llenado del tanque de gasolina de un vehículo automotor, sin que la estación de servicio cuente con sistema de recuperación de vapores.

Emisiones remanentes: emisiones de vapores de gasolina a la atmósfera durante el llenado del tanque de gasolina de un vehículo automotor con un sistema de recuperación de vapores instalado en la estación de servicio.

Unidad de procesamiento de vapores excedentes: es un componente del sistema de recuperación de vapores que evita la emisión a la atmósfera de los vapores recuperados por el mismo que excedan la capacidad de almacenamiento del tanque, ver figura 13.

Dispensario: es el elemento con el cual se abastece de combustible al vehículo automotor, ver figura 11.

Pistola de despacho: es un dispositivo para suministrar y regular el flujo de combustible, localizado en la parte terminal de las mangueras provenientes del dispensario suministrador y se inserta en la bocatoma del tanque de almacenamiento de combustible del vehículo automotor, ver figuras 12 y 19.

Líneas de retorno de vapores: es el conjunto de conexiones y accesorios destinados a interconectar el tanque de almacenamiento con el dispensario de combustible y en su caso con el procesador de vapores excedentes, a fin de conducir hacia en el tanque los vapores recuperados, ver figura 17.

Líneas de conducción de líquido: es el conjunto de conexiones y accesorios que interconectan el tanque de almacenamiento y el dispensario para el manejo de combustibles, . Deben cumplir con el principio de doble contenedor y pueden ser de los materiales que se especifican a continuación para cada uno de los contenedores:

Contenedor primario/Contenedor secundario

- Acero al carbón/Poliétileno de alta densidad
- Acero al carbón/Fibra de vidrio
- Fibra de vidrio/Fibra de vidrio
- Material termoplástico/ Poliétileno de alta densidad

Módulo de abastecimiento: elemento en el cual un vehículo automotor, se abastece de combustible a través de un dispensario

Bocatoma de llenado: parte terminal del tanque del vehículo automotor a través del cual se suministra el combustible.

Bomba Sumergible: dispositivo instalado en el cuerpo del tanque de almacenamiento, destinado para el suministro de combustible al dispensario mediante un sistema de control remoto, ver figura 13.

Manguera coaxial: dispositivo de llenado concéntrico que permite simultáneamente la recuperación de vapores del tanque del vehículo y el suministro de combustible al mismo. Existen dos tipos de mangueras coaxiales que son: **estándar e invertida**. En otras palabras una manguera coaxial es una manguera contenida dentro de otra. figura 18.

Manguera coaxial estándar: es aquella manguera en la que el combustible fluye por la manguera interior y los vapores a recuperar circulan por la manguera exterior. Su fabricación está basada en un material termoplástico del tipo corrugado. Su principal desventaja es su poca resistencia a la presión radial.

Manguera coaxial invertida: es aquella manguera en la que el combustible circula por la manguera exterior y los vapores a recuperar fluyen por la manguera interior. A diferencia de la manguera coaxial estándar, ésta es fabricada con un material más resistente a la presión radial.

Eficiencia "in situ": Es un parámetro que indica el porcentaje de control de gasolina debido a la acción de un sistema de recuperación de vapores. Se determina mediante la evaluación integral de las emisiones generadas por la descarga de gasolina del tanque de almacenamiento al tanque del vehículo, además de las emisiones generadas en los tanques de almacenamiento y, en su caso, a través de las unidades de procesamiento de vapores de gasolina excedentes. Dicha eficiencia será evaluada con el procedimiento y el equipo previstos en la norma oficial mexicana que se expide para tal efecto. Los componentes que integran este sistema son los enlistados en las tablas 6 y 7.

2.2.3.2 COMPONENTES INDISPENSABLES PARA LA FASE II

Con la finalidad de efectuar la recuperación de vapores en la fase II en sistemas de balance y sistemas de vacío es necesario contar con dispositivos a instalarse en el dispensario de combustible, líneas de retorno de vapores al tanque de almacenamiento y al procesador de vapores excedentes (únicamente para SRV's de vacío), de la estación de servicio, en el capítulo tercero se explicarán con más detalle dichos componentes para su mejor comprensión.

2.3 NORMATIVIDAD

Debido a que las autoridades de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), ahora SEMARNAP, requirieron de la existencia de un método y normatividad que regulara la evaluación de la "eficiencia de laboratorio" en SRV's correspondientes a sus fase I y II, se hizo necesaria la revisión de normas internacionales existentes en este ámbito. Por lo anterior, el IMP efectuó la revisión de los métodos del CARB⁽¹⁸⁾ y del TÜV⁽¹⁷⁾ y derivado de este estudio surgió el método del IMP, el que a su vez sentó las bases para

elaborar las normas oficiales mexicanas NOM-092-ECOL-1995⁽¹⁵⁾ y NOM-093-ECOL-1995⁽¹⁶⁾. Este método de medición de captura total de vapores de gasolina, también conocido como método del IMP, establece los parámetros para evaluar los SRV's destinados a ser instalados en estaciones de servicio.

La Dirección de Ecología del Departamento del Distrito Federal (DDF) en conjunto con la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado México publicó el 2 de junio de 1994 la convocatoria con clave SEEM-DE/SRV-1994-01⁽²⁵⁾, en la que se establecen los requisitos que deben cumplir las empresas que suministren e instalen SRV's en las estaciones de servicio de la ZMCM, misma que establece como institución autorizada para la realización de las pruebas al IMP quien extenderá una constancia de la evaluación realizada al SRV's del que se desca obtener la autorización correspondiente. Dichos requisitos son los siguientes:

- Debe tratarse de SRV's asistidos por vacío.
- Tener una eficiencia de recuperación promedio mayor al 90% comprobable en el Módulo de Investigación para Estaciones de Servicio IMP.
- Tener una tasa volumétrica vapor/líquido menor o igual al 190% como promedio de la prueba realizada en el Módulo de Investigación para Estaciones de Servicio IMP.
- El SRV's no debe provocar una presión mayor a una pulgada de columna de agua en los tanques de almacenamiento de combustible de la estación de servicio.
- La pistola de despacho de combustible deberá contener un mecanismo de cierre automático que evite el derrame y sobrellenado de los tanques de combustible de los vehículos. Dicho mecanismo se debe activar en el momento en que el tanque

de almacenamiento del automotor alcance los límites de capacidad de llenado. Así mismo, los conductos de la pistola de despacho no deberán contener fuelles de plástico u otros materiales de baja resistencia, ya que estos se dañan fácilmente y con esto disminuye la eficiencia del sistema.

- Todos los componentes del SRV's deben operar y estar fabricados con los materiales y especificaciones establecidos en las normas oficiales mexicanas y/o en las normas del país de origen. No se aceptarán componentes que no estén normados.
- El proveedor del SRV's deberá proporcionar al IMP, las especificaciones técnicas detalladas en idioma español para el sistema y cada uno de los componentes utilizados.
- El proveedor del SRV's deberá acordar en forma conjunta con el IMP la lista de los treinta vehículos ha ser evaluados.
- Aceptar por escrito la realización del servicio y pagar el costo de la evaluación.
- Presentar ante el IMP un técnico responsable del SRV's a evaluar para su instalación y operación inicial (arranque).
- Instalar en el Módulo de Investigación para Estaciones de Servicio IMP el SRV's a evaluar incluyendo todos los equipos y accesorios que serán utilizados en una estación de servicio comercial.

2.3.1. MÉTODO PARA EVALUAR LA EFICIENCIA EN LABORATORIO PARA SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

De acuerdo al método desarrollado por el IMP se originó la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995⁽¹⁶⁾, en la que se establece el procedimiento de prueba para

determinar la eficiencia de laboratorio de SRV's destinados a ser instalados en estaciones de servicio.

2.3.1.1 PRINCIPIO DEL MÉTODO DE MEDICIÓN

El método de medición de captura total de vapores o método "boot" es aplicable tanto para la carga convencional del vehículo automotor, como para la carga con sistemas de recuperación de vapores⁽¹⁷⁾.

Es un método de medición gravimétrico con adsorción de los vapores de hidrocarburos en carbón activado y su pesado posterior; para la determinación del grado de recuperación de hidrocarburos de un SRV's se requieren los parámetros de emisiones básicas (carga convencional sin sistema de recuperación de vapores) y emisiones remanentes (carga con sistema de recuperación de vapores).

En la figura 20, se muestra el esquema del método "boot" y puerto de muestreo para la cuantificación de emisiones evaporativas durante la evaluación del sistema de recuperación de vapores.

2.1.1.2 EQUIPO DE MEDICIÓN

El aparato de medición para la captura total de vapores de gasolina consta del siguiente equipo básico, ver figura 20.

EQUIPO	CANTIDAD
a) Medidor de flujo o rotámetro.	2
b) Válvula electroneumática de encendido/apagado, incluye pedal.	1
c) Capturador de vapores para emisiones remanentes de 35 cm de diámetro "boot"	1
d) Arrestador de flama.	2
e) Ventilador radial de alto rendimiento.	2
f) Adsorbedor de medición con carbón activado.	3
g) Adsorbedor de comparación con carbón activado.	1
h) Capturador de vapores para emisiones básicas de 25 cm de diámetro "boot".	1
i) Capturador de vapores para emisiones básicas de 35 cm de diámetro "boot".	1
j) Capturador de vapores para emisiones remanentes de 25 cm de diámetro "boot".	1
k) Conexiones rápidas para el suministro de aire comprimido.	1
l) Toma de corriente eléctrica a prueba de explosión.	2
m) Balanza con precisión mínima de 0.1 g.	1
n) Caja de conexiones eléctricas a prueba de explosión.	1
o) Manómetro/Vacuómetro de -0.4 a 4 pulgadas de columna de agua.	1
p) Barómetro de mercurio	1
q) Termómetro con rango de -10 a 100 °C.	2
r) Cronómetro	1

Los componentes enlistados de la (a) a la (n) están diseñados a prueba de explosión.

El aparato de medición de hidrocarburos debe tener el siguiente equipo adicional:

EQUIPO	CANTIDAD
a) Caballete de transporte de equipo.	1
b) Extintor de CO ₂ .	1
c) Manta extintora.	1
d) Caballete de transporte para ventilador.	2
e) Caballete de transporte para equipo de medición	1

2.3.1.3 MEDIDAS DE PREPARACIÓN DEL EQUIPO

El equipo de medición deberá instalarse en un punto adecuado de la estación de servicio. Se requiere el uso de una balanza para pesar los adsorbedores, que cuente con una precisión mínima de 0.1 g.

- Verificar la velocidad de carga de la pistola en su posición de carga máxima. Este valor es necesario para ajustar el flujo de succión de aire del equipo de medición. El valor de la velocidad de carga de gasolina debe de estar comprendido entre 35 y 45 l/min.
- Multiplicar la velocidad de carga de gasolina por un factor de 1.5 y ajustar el flujo de aire en el rotámetro del equipo, para las pruebas de emisiones básicas. Para calibrar el equipo durante las pruebas de emisiones remanentes, se aplica un factor de 0.75.
- Se debe asegurar que los adsorbedores de medición y comparación se limpien con un flujo de aire diariamente antes de efectuar la primera medición, a fin de asegurar la adaptación de los adsorbedores a las condiciones atmosféricas del día

de medición, estabilizadas para la primera medición. Es suficiente un tiempo de aireación de 20 minutos.

La limpieza de los adsorbedores se debe hacer mediante aireación con el ventilador radial de alto rendimiento.

- d) Pesar los adsorbedores de medición y comparación e instalarlos en el equipo. El peso de los adsorbedores se debe tomar antes de la medición, especialmente el del adsorbedor de comparación.

2.3.1.4 PREPARACIÓN DE LOS VEHÍCULOS PARA LA MEDICIÓN

El acondicionamiento del tanque de gasolina del vehículo automotor debe seguir los siguientes pasos:

- a) Vaciar el tanque.
- b) Llenar el tanque con el combustible de la estación de servicio donde se hace la prueba.
- c) Vaciar el tanque nuevamente.
- d) Agregar combustible hasta el 20 % de la capacidad del tanque, según la capacidad especificada por el fabricante del vehículo.
- e) Tapar el tanque y dejarlo reposar durante 30 minutos, para su acondicionamiento. Esto asegura que se tenga un 90% de saturación de vapores en el interior del tanque.
- f) En caso de que el tanque del vehículo automotor venga cubierto con una puerta, ésta se debe quitar. Después del acondicionamiento del tanque, su tapón no se debe quitar hasta el momento de la medición.

2.3.1.5 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Colocar el equipo de medición descrito anteriormente adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola convencional. Esta prueba es la primera determinación de emisiones básicas (E_{B1}).
- b) Retirar el equipo de medición y vaciar el tanque hasta un 20% de su capacidad. Tapar el tanque y esperar 30 minutos para lograr la saturación de vapores en el interior del tanque.
- c) Colocar nuevamente el equipo de medición, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola con recuperación de vapores de hidrocarburos. Esta prueba es la primera determinación de emisiones remanentes (E_{R1}).
- d) Retirar nuevamente el equipo de medición y vaciar el tanque hasta un 20% de su capacidad. Tapar el tanque y esperar otros 30 minutos para lograr la saturación de vapores hidrocarburos en el interior del tanque.
- e) Colocar nuevamente el equipo de medición, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola con recuperación de vapores de hidrocarburos. Esta prueba es la segunda determinación de emisiones remanentes (E_{R2}).
- f) Retirar el equipo de medición una vez más y vaciar el tanque a un 20% de su capacidad. Volver a tapar el tanque y esperar otros 30 minutos para lograr la saturación requerida.

Por último, colocar nuevamente el equipo de medición, adicionando combustible hasta el 80% de la capacidad del tanque, haciendo uso de la pistola convencional. Esta prueba es la segunda determinación de emisiones básicas (E_{B2}).

2.3.1.6 PROCEDIMIENTO PARA LA CARGA DE GASOLINA EN LOS VEHÍCULOS

Se deben seguir los siguientes pasos:

- a) Introducir la pistola en el captador de vapores asegurándose que ésta selle perfectamente en la abertura del mismo; en caso de que no sea así, se debe utilizar un material que permita un sellado perfecto.
- b) Insertar la pistola en la bocatoma del tanque, debiéndose presionar el captador de vapores contra el vehículo automotor, asegurándose que no salga aire por los lados. La carga de gasolina debe efectuarse a toda la velocidad de la pistola. La carga de gasolina se debe interrumpir al llegar al 80% de la capacidad del tanque a fin de evitar derrames.
- c) Al terminar la carga de la gasolina, quitar inmediatamente el captador de vapores del vehículo automotor y esperar 10 segundos para cerrar la válvula eléctrica de encendido/apagado del equipo de medición.
- d) Retirar del equipo los adsorbedores de medición y comparación e inmediatamente pesarlos. Tomar la lectura de la cantidad de gasolina cargada en el dispensario y anotarla en el registro de control.
- e) Airear los adsorbedores de carbón activado después de cada medición. La aireación del adsorbedor de comparación no es necesaria después de cada medida, es suficiente hacerlo una o dos veces por día.

2.3.1.7 SELECCIÓN DE LA FLOTILLA VEHICULAR

En virtud de requerirse una flotilla vehicular mínima de 30 vehículos representativos de la ZMCM (de 4, 6 y 8 cilindros) de las diferentes marcas y modelos fabricados en México en los últimos 10 años; las autoridades competentes del DDF, efectuaron la

selección de los vehículos automotores en función de las estadísticas originadas en la verificación vehicular obligatoria.

El listado de los automóviles seleccionados para llevar a cabo las pruebas con los SRV's, se muestra en la tabla 6 y contempla los siguientes aspectos:

- a) Marca del vehículo.
- b) Submarca del vehículo.
- c) Año modelo inferior y año modelo superior.

TABLA 6. LISTA DE VEHÍCULOS PARA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES				
No.	MARCA	SUB MARCA	MOD.	MOD. SUPERIOR
1	CHRYSLER	DART K	87	87
2	CHRYSLER	SHADOW	89	94
3	CHRYSLER	SPIRIT	90	93
4	CHRYSLER	VOLARE	85	86
5	CHRYSLER	RAM CHARGER	85	94
6	CHRYSLER	PHANTOM	88	88
7	CHRYSLER	D-150 PICK UP	85	86
8	CHRYSLER	LEBARON	84	89
9	CHRYSLER	NEW YORKER	87	94
10	FORD	TOPAZ	89	93
11	FORD	GLHA	91	93
12	FORD	COUGAR	85	91
13	FORD	F-350	91	92
14	FORD	G. MARQUIS	93	93
15	FORD	TAURUS	89	90
16	FORD	F-600	90	90
17	FORD	THUNDERBIRD	87	92
18	FORD	F-250	90	94

TABLA 6 (CONTINUACIÓN)

No.	MARCA	SUB MARCA	MOD.	MOD. SUPERIOR
19	GM	CUTLASS	90	94
20	GM	CAVALIER	92	94
21	GM	SUBURBAN*	89	93
22	GM	CENTURY	85	93
23	GM	CELEBRITY	85	89
24	GM	CHEVY	94	94
25	GM	CITATION	84	89
26	GM	PICK UP*	85	90
27	NISSAN	TSURU	86	93
28	NISSAN	ICHI VAN	89	93
29	NISSAN	PICK UP	86	93
30	NISSAN	TSUBAME	94	94
31	VW	SEDAN	90	93
32	VW	GOLF	88	92
33	VW	JETTA	87	92
34	VW	COMBI	84	91
35	VW	CORSAR	85	87
36	VW	CARIIBE	85	89
37	VW	ATLANTIC	84	87
38	RENAULT	ALJANCE	85	88

2.3.1.8 MEDICIÓN DE LAS EMISIONES BÁSICAS Y LAS EMISIONES REMANENTES

Para todos los sistemas de recuperación de vapores de hidrocarburos se deben medir las emisiones básicas con una pistola de carga convencional, en sus modalidades para gasolina con plomo y sin plomo (para gasolina con plomo el diámetro de la boquilla es de 19.05 mm (3/4 pulg) y para gasolina sin plomo es de 12.7 mm (1/2 pulg).

La pistola de carga convencional puede usarse en otro punto de descarga de la misma bomba de combustible, haciendo uso de un dispensario doble de gasolina, con las

mismas condiciones que presente la bomba que tenga instalada la pistola de recuperación de vapores de hidrocarburos.

La variación en el flujo de la pistola de carga convencional y la pistola del equipo de recuperación de vapores no debe exceder un valor de ± 0.5 l/min.

Las emisiones remanentes se deben medir con la pistola de carga del sistema de recuperación de vapores correspondiente. La medición de las emisiones básicas y de las remanentes se debe efectuar dos veces por cada vehículo automotor conforme a lo establecido en el procedimiento de medición.

Es necesario también hacer una determinación del correcto funcionamiento y cierre instantáneo de la pistola de despacho que evite el derrame y sobrellenado de los tanques de almacenamiento de los vehículos.

2.3.1.9 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE HIDROCARBUROS

El cálculo de la eficiencia de recuperación de vapores de hidrocarburos se debe efectuar con los promedios de los resultados de medición, relativos al volumen de combustible cargado, aplicando las siguientes ecuaciones:

$$ETA = \frac{E_B - E_R}{E_B} \quad (100) \quad (1)$$

O bien:

$$ETA = \frac{m_{HC}}{E_B} \quad (100) \quad (2)$$

Donde:

- ETA** = Eficiencia de recuperación de vapores de hidrocarburos (%).
- E_B** = Promedio de las emisiones básicas del grupo de vehículos automotores medidos, referido al volumen de combustible cargado, expresado en gramos de vapores de hidrocarburos por litro de combustible.
- E_R** = Promedio de las emisiones remanentes del grupo de vehículos automotores medidos, referido al volumen de combustible cargado, expresado en gramos de vapores de hidrocarburos por litro de combustible.
- m_{HC}** = Promedio de la masa de hidrocarburos recuperados en el tanque de almacenamiento, referido al volumen de combustible cargado por el grupo de vehículos automotores, expresado en gramos de vapores de hidrocarburos por litro de combustible.

2.3.1.10 PUERTOS DE MUESTREO

Para la medición de la calda de presión y del flujo máximo o en su caso, de la tasa volumétrica, se deben preparar puertos de muestreo en el lugar adecuado del SRV's. Los puertos de muestreo deben asegurar que se recolecten solamente los vapores recuperados que se desprenden en este punto individual de bombeo, y corregir a condiciones de presión atmosférica, usando las siguientes ecuaciones.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (3)$$

$$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} \quad (4)$$

$$P_1 = P_2 + P \quad (5)$$

Un parámetro importante en la evaluación del SRV's es la tasa volumétrica vapor/líquido. En cada prueba debe medirse el volumen despachado de combustible (V_g) utilizando para ello el indicador que se encuentra instalado en el dispensario.

La tasa volumétrica vapor/líquido (TV) debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$TV = \frac{V_g}{V_e} \quad (100) \quad (6)$$

De donde:

- P_1 = Presión absoluta medida en el puerto de muestreo, expresada en pascales.
- V_1 = Volumen de vapores medido en el puerto de muestreo, expresado en metros cúbicos.
- P_2 = Presión atmosférica expresada en pascales (0.0785 Pa para ZMCM).
- V_2 = Volumen corregido, expresado en metros cúbicos.
- P = Presión relativa medida en el puerto de muestreo, expresada en pascales.
- V_g = Volumen de gasolina suministrada al vehículo, en metros cúbicos.
- TV = Tasa volumétrica vapor/líquido, expresada en %.

CAPÍTULO TERCERO

DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

Los SRV's fase II tienen como principal función la recuperación de los vapores en los tanques de los automóviles cuando se abastecen de gasolina. Antes de la carga de gasolina la cantidad de vapores aumenta conforme disminuye la cantidad de líquido debido a las propiedades del combustible y por el movimiento que tiene dentro del tanque. Dichos vapores son desplazados por el combustible entrante y parte de estos son forzados a salir por la bocaneta de llenado, la otra parte permanece en equilibrio con la gasolina suministrada, a lo cual la función de los SRV's fase II es obtener los vapores que salen del autotanque de forma natural o inducida por algún mecanismo enviándolos al tanque de almacenamiento, evitando que escapen desde el tanque del mismo hacia la atmósfera. Al mismo tiempo los SRV's fase I capturan los vapores generados dentro del tanque de almacenamiento subterráneo de la estación de servicio, que de otra forma serían emitidos libremente a la atmósfera al tiempo de suministrar gasolina en el proceso de llenado de dicho tanque, ver figuras 5-8.

Los SRV's fase II recogen con su pistola despachadora los vapores de gasolina forzados a salir del vehículo. Los vapores entran al colector de vapores de la pistola, pasan por el cuerpo de la misma, a través de la manguera, tubería subterránea y finalmente se depositan dentro del tanque de almacenamiento de la estación de servicio. El volumen de vapores de gasolina transferidos al tanque subterráneo reemplaza al volumen de gasolina líquida retirada, lo cual disminuye la evaporación de gasolina en dicho tanque, ver figura 7.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO BÁSICO DE LOS SRV'S

A continuación se enlistan los componentes más utilizados por los distintos SRV's

3.1.1 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I

Para la sección de llenado del tanque de almacenamiento:

TABLA 7. COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	
COMPONENTE	FUNCIÓN
Adaptador con sello en la parte superior (4")	Este adaptador sirve para conectar la manguera de descarga del autotanque de tal modo que no exista fuga
Tapa para adaptador con sello superior	Esta tapa es para cubrir el adaptador para la manguera de llenado y se coloca sujetándose con dos ganchos que hacen presión sobre el adaptador.
Contenedor de derrames con válvula de drenaje	Este contenedor cubre desde el tubo de llenado y recibe cualquier posible derrame que pueda existir al despachar el combustible del autotanque, cuenta con una válvula de drenaje para desalojar los posibles derrames hacia el tubo de llenado y así mismo hacia el tanque de almacenamiento, este contenedor existe en varias capacidades que van de 13 a 20 litros. Este contenedor va empotrado en la losa que cubre los tanques de almacenamiento
Tubo de llenado	El tubo de llenado es un conducto vertical que va desde el conector de alimentación en la parte superior exterior del tanque de almacenamiento debiendo ser de 4" y llega a no menos de 6" del fondo del tanque, además lleva en el extremo inferior un corte de 45°, ver figura 21

TABLA 7. (CONTINUACIÓN)

COMPONENTE	FUNCIÓN
Válvula para prevención de sobre llenado	Esta válvula se coloca en el tubo de llenado en la parte mas alta de éste dentro del tanque de almacenamiento y es para prevenir el sobre llenado de estos. Cuando el combustible llega a la parte superior del tanque sella para impedir que la gasolina siga entrando al mismo e impedir así la saturación con combustible de las líneas de retorno de vapor del sistema de Fase II, ver figura 21.

Para la sección de retorno de vapores al autotanque:

TABLA 8. COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I PARA LA SECCIÓN DE RETORNO DE VAPORES AL AUTOTANQUE

COMPONENTE	FUNCIÓN
Adaptador para recuperación de vapores (3")	Este adaptador es para conectar la manguera de retorno de vapor del tanque de almacenamiento al autotanque y es de conexión rápida con sello para evitar fugas de vapor, este adaptador cuenta con una válvula de resorte que cuando se conecta la manguera se abre automáticamente y al retirar ésta, la válvula se cierra del mismo modo, ver figura 21.
Tapa para adaptador de recuperación de vapores	Esta tapa es para cubrir el adaptador para la manguera de retorno de vapores y se coloca sujetándose con dos ganchos que hacen presión sobre el adaptador, ver figura 21
Brocal para válvula de vapor	Este brocal sirve para alojar el tubo, el adaptador y la tapa de recuperación de vapores y va empotrado en la lousa que cubre los tanques

TABLA 8. (CONTINUACIÓN)

COMPONENTE	FUNCIÓN
Extractor con válvula para venteo para tanque sellado	Esta válvula se utiliza para dar salida hacia el venteo y para conectar la línea de retorno de vapores del sistema de Fase II, y cuenta con una válvula de seguridad que impide que al sobre llenado de los tanques fluya el combustible hacia las líneas de retorno de vapores. La válvula de seguridad de éste extractor consiste en una esfera de aluminio que es impulsada por el combustible por flotación e impide el flujo de éste, pero permite un pequeño flujo para aliviar presiones en el tanque de almacenamiento. Este puede ser con una o dos entradas dependiendo de las necesidades de la estación de servicio.
Cinta de medición de nivel de combustible en tanque de almacenamiento	El medidor de cinta cuenta con un lente de aumento en la boca del tanque donde se instala y muestra la lectura de una cinta de acero inoxidable que es accionada por un flotador de nylon.

3.1.2 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II

A continuación se enlistan los componentes indispensables en la fase II que corresponden tanto al dispensario como al tanque de almacenamiento.

TABLA 9. COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II

COMPONENTE	FUNCIÓN
Pistola de Recuperación de Vapores	Durante el reabastecimiento de un vehículo los vapores son recolectados por una Pistola de Recuperación de Vapores. Ésta se introduce al tubo de llenado del automóvil para capturar los vapores de gasolina que son desplazados del tanque durante el reabastecimiento. El vapor recolectado es absorbido por una manguera de pequeño diámetro de recuperación de vapores que está dentro de la manguera de producto.

TABLA 9. (CONTINUACIÓN).

COMPONENTE	FUNCIÓN
Manguera de Recuperación de Vapores	Esta manguera es de pequeño diámetro localizada adentro de la manguera de gasolina de alto flujo. También se le conoce como manguera "coaxial invertida" y está formada por tres partes que son un tramo de 1", una válvula de rompimiento rápido (Break Away) de 150 libras de resistencia y un tramo de 12". Cada tramo de manguera cuenta con conexiones giratorias de 360° en cada extremo, ver figura 18.
Válvula de Rompimiento Rápido (Break Away)	Esta válvula es para el cierre automático de la línea de combustible y la línea de retorno de vapores en la manguera cuando ésta es extraída abruptamente del dispensario, es decir, cuando la manguera es jalada de su conexión en el dispensario con una fuerza superior a las 275 lbs. Esta válvula puede ser reacoplada fácilmente, ver figura 12.
Válvula de Control de Flujo	La Válvula de Control de Flujo se instala ante el dispensario y la manguera de recuperación, de esta válvula se obtiene el flujo de vapores, proporcionando así, que el sistema pueda ser instalado en cualquier tipo de dispensario. Esta válvula mantiene la línea de retorno de vapores cerrada excepto cuando se está despachando gasolina. Regula la cantidad de la mezcla de hidrocarburos y aire que se recolecta, y protege contra el viento del tanque de gasolina. De la línea que va de la Válvula de Control de Flujo a la línea subterránea existe un arrestador de flama.

TABLA 9. (CONTINUACIÓN)

COMPONENTE	FUNCIÓN
Válvula de Alivio de Presión/Vacío	Esta válvula (conocida como Válvula P/V) está conectada a las ventillas interconectadas de los tanques de almacenamiento. La Válvula P/V está mecánicamente ajustada para que abra cuando la presión en los tanques de almacenamiento de gasolina sea superior al máximo establecido. La presión máxima a la que se puede fijar es de 14 PCA (0.5 psi), aunque, en la mayoría de las estaciones se fija en 3 PCA (0.24 psi). Estos ajustes evitan que vapores de hidrocarburos escapen de los tanques de almacenamiento al menos que exista una falla. Estos ajustes están dentro de los parámetros de diseño de tanques de almacenamiento de gasolina. Esta unidad colectora cuenta con dos arrestadores de flama instalados uno a la entrada, en la línea del dispensario, y otro que va de la salida de la unidad colectora a la unidad procesadora, ver figuras 8, 19 y 23.
Tablero de Control	Los sistemas se operan y controlan mediante un Tablero de Control central
Manómetro para corrección de nivel de tanques	Indica la corrección que se debe hacer a las lecturas de la vara. Este manómetro sirve como auxiliar en la revisión del correcto funcionamiento de la unidad colectora y de la unidad procesadora

Cabe hacer notar que cada SRV's tiene su Pistola de Recuperación de Vapores característica, ver figura 21.

3.2. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE BALANCE

3.2.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Es un SRV's en el cual no existe dispositivo alguno que favorezca el retorno de los vapores al tanque de almacenamiento de combustible de la estación de servicio; es

decir, donde por cada litro de combustible suministrado al tanque del vehículo automotor, regresa al tanque de almacenamiento de la estación de servicio un volumen aproximadamente igual de vapores de gasolina, con este comportamiento el valor de la tasa volumétrica vapor/líquido no excede del 100%. En este tipo de sistemas, el exceso de vapores acumulado en el tanque es venteado a la atmósfera, ver figura 16.

En este tipo de sistemas es indispensable lograr un sello perfecto entre el fuelle de la pistola y la bocanoma del tanque del vehículo automotor, ya que solo así se logra una tasa volumétrica de 100%, lo cual garantiza el funcionamiento adecuado del sistema.

3.2.2 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I

A continuación se muestra el equipo de recuperación de vapores fase I (por tanque de almacenamiento).

- Adaptador de recuperación de vapor para tanque de almacenamiento de 4" diámetro con tapa.
- Adaptador para llenado de tanques de almacenamiento de 4" diámetro con tapa.
- Válvulas de venteo de flotador para tanques de almacenamiento de 3" de diámetro.
- Conector de cruz para válvula de venteo de flotador de 4" x 2" x 2".
- Conector tipo T para válvula de venteo de flotador de 4" x 2".
- Tubo de llenado para tanque de almacenamiento de 4" de diámetro.
- Registro y contenedor de derrames con válvula de desalojo de líquidos.
- Tubería de recuperación de vapores.
- Coples para tubería de recuperación de vapores.

- Conexiones para tubería de recuperación de vapores
- Reducciones para tubería de venteo y tubería de recuperación de vapores.
- Detector de fugas de líquido para tanques de almacenamiento de doble pared (opcional).
- Detector de fugas de vapor para tanque de almacenamiento de una sola pared (opcional).

3.2.3 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II

A continuación se muestra el equipo básico para el SRV's de balance:

- Procesador de vapores.
- Tablero de control.
- Válvula de venteo de doble acción presión/vacío.
- Manómetro de presión de capacidad de hasta 5" de columna de presión de agua.
- Tablero de control de detector de fugas (opcional)

Equipo por pistola surtidora:

- Manguera de dispensario a válvula derivadora de paso.
- Válvula derivadora de control de paso vapor/líquido.
- Manguera coaxial, para recuperación de vapores.
- Pistola recuperadora de vapores, sistema de vacío.
- Retractor de manguera coaxial (según dispensario).
- Tubería de recuperación de vapores.
- Conexiones para tubería de recuperación de vapores.
- Reducciones para tubería de recuperación de vapores.

3.3. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO

Es un SRV's el cual incluye un dispositivo de succión que favorece el retorno de los vapores al tanque de almacenamiento y un procesador para los vapores excedentes. En función de la ubicación del dispositivo de succión, los sistemas asistidos por vacío se clasifican en dos tipos: primer tipo aquel en el que el dispositivo de succión se ubica dentro del procesador de vapores y segundo tipo, aquel en el que el dispositivo de succión se ubica fuera del procesador de vapores.

El primer tipo funciona en un rango de presión negativa de 3.0 a 3.3 pulg. de columna de agua. El vacío es producido por una turbina, donde los vapores son succionados a través de una serie de orificios localizados en el extremo final de la pistola, pasando a través de la manguera coaxial estándar.

El segundo tipo funciona a una presión positiva máxima de 0.7 pulg. de columna de agua. El vacío es generado por una bomba recíprocante, donde los vapores son succionados a través de una serie de orificios localizados en el extremo final de la pistola impidiendo que escapen a la atmósfera, pasando a través de la manguera coaxial invertida. En este sistema los vapores son enviados una parte al tanque subterráneo y otra al procesador de vapores. El procesador de vapores opera solo cuando existe un exceso de vapores en el tanque de almacenamiento el que también es controlado por una válvula de presión vacío como medida de seguridad.

En este tipo de sistemas, el exceso de vapores acumulado en el tanque es enviado al procesador de vapores. Estos sistemas alcanzan tasas volumétricas vapor/líquido mayores al 140%, lo que implica que se tiene una cantidad de vapores en exceso.

Existe una segunda clasificación para estos SRV's compuesta también de dos tipos: el primero de ellos no utiliza en su proceso incinerador de vapores, así el excedente de éstos son desfogados a la atmósfera. El segundo tipo si utiliza un incinerador de vapores en su proceso, esto significa que los únicos productos del proceso sean gases de combustión. Estos últimos SRV's son descritos con más detalle más adelante, ver figuras 17-19.

3.3.1 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR

3.3.1.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Estos sistemas de recuperación de vapores en su Fase II instalados, consisten de una bomba de vacío con un solo eje y dos impulsores (uno para gasolina y otro para vapores). El fluido bombeado (gasolina) ocasiona un vacío en las líneas de vapor y mantiene una tasa volumétrica vapor/líquido proporcional y aproximada de un litro de vapor regresado al tanque de almacenamiento de la Estación de Servicio por cada litro de combustible despachado. Esto elimina la necesidad de dispositivos eléctricos o de control. Debido a que la relación de los vapores excesivos recuperados comparada al líquido bombeado es menos de 10 %, un incinerador no es requerido.

Los elementos que caracterizan a éste sistema son una bomba de vacío y una pistola de despacho. Esta bomba se puede montar en cualquier dispensario convencional.

Cuando el sistema es instalado es necesario conectar la bomba entre la manguera coaxial proveniente de la pistola y la línea de retorno de vapores hacia el tanque de almacenamiento. El sistema puede usar líneas de retorno de vapores múltiples o separadas. La manguera de combustible del dispensario entra directamente en la entrada de la bomba, ver figuras 12 y 17.

La pistola es el segundo elemento en importancia en el sistema de recuperación de vapores, ésta cuenta con un dispositivo capturador de vapores (capuchón). Estas pistolas incluyen una válvula integrada de vapor para prevenir el escape de vapores cuando la pistola no esta despachando, además incorporan un dispositivo de prevención de sobrellenado del tanque, ver figura 18.

El sistema incorpora además una manguera coaxial invertida, una válvula de ruptura por tensión (Break Away) cuya función es cerrar el paso del líquido y del vapor en caso arranque súbito del vehículo y una válvula de doble acción instalada en la base del dispensario que interrumpe el flujo de vapores en caso de ruptura del mismo, ver figura 12.

Para la Fase I se incluyen una válvula de prevención de sobrellenado en la línea de descarga de combustible hacia el tanque de almacenamiento, una válvula de bola para prevención de sobrellenado en la línea de retorno de vapores del tanque de almacenamiento hacia el autotanke, una válvula para conducir los vapores hacia el autotanke (Dry Break) y una válvula de presión vacío en las líneas de venteo.

Finalmente, el SRV's incorpora un sistema de monitoreo para detectar condiciones de falla. En este caso, el sistema genera señales de alarma visuales y audibles y suspende el suministro de combustible en la estación de servicio, ver figura 17.

3.3.1.2 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I

Algunos de los componentes básicos para SRV's asistidos por vacío sin incinerador se muestran a continuación:

- Válvula de presión/vacío (P/V).
- Tapas de sellado por arriba.
- Adaptadores de sellado por arriba.
- Adaptador para línea de vapor.
- Válvula de retorno de vapores hacia el autotanke.
- Tapa de recuperación de vapor.
- Válvula de prevención de sobrellenado.
- Válvula de venteo de bola flotante.

3.3.1.3 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II

A continuación se muestran algunos de los componentes utilizados en la fase II del SRV's asistidos por vacío sin incinerador:

- Bomba-turbina de recuperación de vapor.
- Válvula Break Away reconectable coaxial invertida.
- Manguera coaxial invertida.
- Pistola para recuperación de vapores.
- Válvula de seguridad para vapores de doble popeta.

3.3.2 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO CON INCINERADOR

3.3.2.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Los SRV's asistidos por vacío con incinerador, utilizan una pistola dispensadora que ayuda a recuperar los vapores de gasolina. Para crear una zona de presión/vacío la boquilla está acondicionada con pequeños orificios cerca de la punta, por donde son succionados los vapores impidiendo que escapen a la atmósfera. El vacío es generado por medio de la bomba central localizada a un costado de la caseta de control. Únicamente cuando fluye gasolina se abre la válvula de control de flujo en la línea de vacío, los vapores son enviados, parte al tanque de almacenamiento subterráneo y parte al procesador térmico. El procesador térmico opera únicamente cuando existen exceso de vapor en el tanque, reduciendo con esto la pérdida por evaporación debido a que se tiene un ambiente de baja presión. El venteo del tanque subterráneo tiene una válvula de alivio presión/vacío como medida de seguridad.

Los elementos que caracterizan este sistema son una bomba, una pistola dispensadora y el procesador térmico. La bomba crea el vacío en la boquilla de la pistola, para recuperar los vapores emitidos, parte de ellos los envía a los tanques de almacenamiento y otra parte los envía al incinerador o procesador térmico. Los vapores que son enviados al tanque ocasionan que éste quede presurizado. La cantidad de vapor que es regresado al tanque es tal, que se debe conservar la relación de un litro de vapor recuperado por cada litro de combustible servido, y la cantidad extra es enviada al incinerador para ser procesada y emitida a la atmósfera. El sistema de incineración está compuesto por una unidad de colección (bomba de vacío y sus arrestadores de flama) y una unidad de proceso (incinerador, controles y sus

arrestadores de flama). Cuando el sistema es instalado correctamente, la unidad de colección debe trabajar cuando se esté sirviendo combustible de alguna pistola y cuando ocurre un aumento de presión en el tanque de almacenamiento subterráneo.

La unidad de proceso enciende y quema vapor siempre que la presión en el tanque excede 0.03 psi. Los tanques de almacenamiento tienen una tubería abierta a la atmósfera, con válvula de alivio de presión, tapa y diversificaciones llamada venteo.

Los Sistema de Recuperación de Vapores son operados desde un tablero de control ubicado dentro de la caseta de la Estación de Servicio, ver figuras 18 y 19.

3.3.2.2 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I

Para la sección de llenado del tanque de almacenamiento:

- Adaptador para recuperación de vapores (3").
- Tapa para adaptador con sello superior.
- Contenedor de derrames con válvula de drenaje.
- Tubo de llenado.
- Válvula para prevención de sobre llenado.

Para la sección de retorno de vapores al autotanque:

- Adaptador para recuperación de vapores (3").
- Tapa para adaptador de recuperación de vapores.
- Brocal para válvula de vapor.
- Extractor con válvula para venteo para tanque sellado.
- Cinta de medición de nivel de combustible en tanque de almacenamiento.

3.3.2.3 COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II

- Pistola de Recuperación de Vapores.
- Manguera de Recuperación de Vapores.
- Válvula de Rompimiento Rápido (Break Away).
- Válvula de Control de Flujo.
- Válvula de Alivio de Presión/Vacío.
- Tablero de Control.
- Manómetro para corrección de nivel de tanques.

Además del equipo mencionado anteriormente, los SRV's de Vacío con Incinerador cuentan con lo siguiente:

TABLA 10. EQUIPO ADICIONAL PARA EL SRV'S VACÍO CON INCINERADOR

COMPONENTE	FUNCIÓN
Unidad Colectora	<p>La Unidad Colectora cuenta con un succionador/soplador que absorbe los vapores de las islas a través de una red interconectada subterránea. En el punto bajo de las líneas subterráneas, se coloca un drenaje que permite que vapores condensados regresen al tanque de almacenamiento, o que se recolecten en un depósito pequeño. La Unidad Colectora descarga el vapor al tanque de almacenamiento a una presión positiva mínima. Esto reduce la evaporación de gasolina en el tanque de almacenamiento. Los tanques de almacenamiento se interconectan en las líneas de venteo para igualar el volumen de vapor retornado. La Unidad Colectora arranca y para cada vez que cualquier bomba de gasolina prende o apaga en los dispensarios, así como también arranca cuando la presión del tanque tiende a positivo, es decir, pasas de -0.1 pulgadas de columna de agua (PCA), de tal modo que la Unidad Colectora ayuda a mantener la presión en el tanque de -0.8 a -0.1 PCA.</p>
Unidad Procesadora	<p>Esta unidad opera mediante la incineración de los vapores de hidrocarburos excedentes. Los gases de escape se componen principalmente de dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua, dos compuestos no tóxicos. La Unidad Procesadora arranca cada vez que la bomba colectora descarga vapores. Un encendedor tipo bujía enciende la flama. Tan pronto como se establece la presencia de la flama, el encendedor se apaga. La flama continúa quemando hasta que deja de haber descarga de la Unidad Colectora. Una válvula operada eléctricamente cierra la línea de entrada y la Unidad Procesadora queda sin trabajar hasta que la unidad colectora descargue vapores. La Unidad Procesadora arrancará y parará intermitentemente de acuerdo a la cantidad de autos que se estén despachando, así como cuando la unidad colectora trabaje para desalojar presión de los tanques de almacenamiento. Cuando el tráfico en la gasolinera sea muy alto, la Unidad Procesadora se mantendrá prendida durante más tiempo.</p>

La Unidad Procesadora tiene varios controles de seguridad automáticos. En caso de que no se establezca la presencia de flama después de intentar su encendido, la unidad se apaga y pasado cierto tiempo ésta intenta encender de nueva cuenta. Este ciclo se repite hasta que se establece la presencia de la flama o ya no hay descarga de la unidad colectora. En el caso de que este ciclo continúe, existe otro control que apaga permanentemente la Unidad Procesadora.

3.4 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE MEMBRANAS SELECTIVAS

3.4.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

Este SRV's está basado en la succión proporcional generada en la entrada del tanque del vehículo y provoca que una cierta cantidad del aire forme una cortina para evitar que los vapores de combustible escapen a la atmósfera. Para una tasa volumétrica aproximada de 150 %, implica que la cantidad adicional de aire equivale al 50 %. El filtro de membranas remueve los vapores de combustible para asegurar que el aire emitido a la atmósfera sea limpio. De esta manera la cantidad atrapada es retornada al tanque de almacenamiento subterráneo.

El SRV's basado en filtros de membrana es la tecnología de punta empleada en los países europeos del primer mundo.

CAPÍTULO CUARTO
RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LOS SISTEMAS DE
RECUPERACIÓN DE VAPORES

La obtención de resultados para los diferentes Sistemas de Recuperación de Vapores fue realizada conforme a la metodología descrita en la NOM-093-ECOL-1995⁽¹⁶⁾. En la tabla 11 se muestran los parámetros a utilizar en el cálculo de la eficiencia y tasa volumétrica de los SRV's.

4.1 MEMORIA DE CÁLCULO

A continuación se presenta el algoritmo de cálculo para la obtención de eficiencia y tasa volumétrica para los SRV's evaluados.

1. Obtención de emisiones evaporativas.

1.1 Emisiones básicas

- a) Obtener la diferencia entre el peso final e inicial de los adsorbedores tanto de medición como de comparación.

Peso final del	Peso inicial del	Emisiones evaporativas del
adsorbedor de —	adsorbedor de =	adsorbedor de medición, g.
medición, g.	medición, g.	

Peso final del adsorbedor de comparación, g. — Peso inicial del adsorbedor de comparación, g. = Emisiones evaporativas del adsorbedor de comparación, g.

- b) Calcular la diferencia entre las emisiones evaporativas de medición y las de comparación.

Emisiones evaporativas del adsorbedor de medición, g. — Emisiones evaporativas del adsorbedor de comparación, g. = Emisiones evaporativas totales recuperadas, g.

- c) Las emisiones evaporativas en gramos/litro (g/l) se obtienen por el cociente de las emisiones evaporativas de los adsorbedores (medición y de comparación) entre el volumen de combustible.

Emisiones evaporativas = $\frac{\text{Emisiones evaporativas}}{\text{Volumen de combustible}}$ [g/l]

1.2 Emisiones remanentes

Para la determinación de éstas emisiones, se procede de igual forma que las emisiones básicas descrito en el punto anterior (punto 1.1), la diferencia como ya se mencionó, radicará en el empleo de la pistola de recuperación de vapores y por consiguiente, estos valores numéricos serán de menor magnitud con relación a las emisiones básicas.

2. Cálculo de la eficiencia de recuperación de vapores

El cálculo de la eficiencia de recuperación de vapores, comprende los siguientes pasos:

- Obtener E_B promediando aritméticamente las emisiones evaporativas básicas en g/l, para una flotilla de 30 vehículos.
- Obtener E_R promediando aritméticamente las emisiones evaporativas remanentes en g/l, para una flotilla de 30 vehículos.
- Cálculo de la eficiencia de recuperación de vapores, descrito en el punto 2.3.1.9 utilizando la siguiente ecuación:

$$ETA = \frac{E_B - E_R}{E_D} \quad (100)$$

3. Cálculo de la tasa volumétrica

- Calcular el volumen de vapor V_1 , medido en el gasómetro mediante la diferencia de los flujos final e inicial.

Flujo de vapor final (l.) — Flujo de vapor inicial (l.) = Volumen de vapor (l.)

- Corrección a presión atmosférica de la Cd. de México, del volumen V_u , descrito en el punto 2.3.1.10 del capítulo segundo, por medio de la siguiente ecuación:

$$V_u = \frac{P_i V_i}{P_u}$$

c) Cálculo de la tasa volumétrica

El cálculo de la tasa volumétrica, descrito en el punto 2.3.1.10 del capítulo segundo, requiere el empleo de la siguiente ecuación:

$$TV = \frac{V_u}{V_a} (100)$$

Donde:

- TV = Tasa volumétrica vapor/líquido, expresada en %.
- V_u = Volumen corregido, expresado en metros cúbicos.
- V_a = Volumen de gasolina suministrada al vehículo, en metros cúbicos

La tasa volumétrica final del sistema se obtiene promediando aritméticamente las tasas volumétricas para cada evaluación de toda la flotilla vehicular¹.

¹ El parámetro de tasa volumétrica sólo es medible para las emisiones remanentes, pues sólo en éstas existe retorno de vapores de gasolina (V_u).

TABLA 11. DATOS REPRESENTATIVOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DURANTE LA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (SRV's)

No. DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADSORB. COMP.		PESO DEL ADSORB. MED.		VOLUMEN DE COMBUST.	TIEMPO DE LLENADO	FLUJO DE LLENADO	EMISIÓN EVAP.	VOLUMEN DE VAPOR	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL
		(g)	(g)	(g)	(g)	(l)	(kg)	(l/min)	(g)	(l)	(l)
1 FORD THUND. 92 ²	BÁSICA	3103.60	3103.40	15836.90	15884.20	42.25	74.47	34.04	1.1243		
	REMANENTE	3103.40	3103.20	15882.00	15924.80	42.24	94.20	26.90	1.0180	553.00	555.30
	REMANENTE	3103.40	3103.30	16370.50	16404.00	32.44	74.22	26.22	1.0358	555.30	558.98
	BÁSICA	3103.20	3103.10	15841.30	15883.90	42.25	73.59	34.45	1.0107		

² THUND. 92: THUNDERBIRD 92

4.1.1 EJEMPLO DE CÁLCULO

El presente ejemplo de cálculo se realizó utilizando los valores de la tabla 11.

1. Emisiones evaporativas

1.1 Emisiones básicas

- a) EB1 Ads. de medición $(15884.2 - 15836.9) = 47.3$ g.
 Ads. de comparación $(3103.4 - 3103.6) = -0.2$ g.³
- EB2 Ads. de medición $(15883.9 - 15841.3) = 42.6$ g.
 Ads. de comparación $(3103.1 - 3103.2) = -0.1$ g.
- b) EB1 $(47.3 - (-0.2)) = 47.5$ g.
 EB2 $(42.6 - (-0.1)) = 42.7$ g.
- c) 47.5 g. / 42.25 l. = 1.1243 g./l.
 42.7 g. / 42.25 l. = 1.0107 g./l.

1.2 Emisiones remanentes

- a) ER1 Ads. de medición $(15924.8 - 15882.0) = 42.8$ g.
 Ads. de comparación $(3103.2 - 3103.4) = -0.2$ g.
- ER2 Ads. de medición $(16404.0 - 16370.5) = 33.5$ g.
 Ads. de comparación $(3103.3 - 3103.4) = -0.1$ g.

³El número negativo (-), indica que el aire del ambiente presentó tendencia a perder humedad, por eso redujo su peso el carbón activado contenido en el adsorbedor de comparación en forma paulatina con el avance del tiempo.

- b) ER1 $(42.8 - (-0.2)) = 43$ g.
 ER2 $(33.5 - (-0.1)) = 33.6$ g.
- c) $43 \text{ g} / 42.24 \text{ l} = 1.0180 \text{ g./l.}$
 $33.6 \text{ g} / 32.44 \text{ l} = 1.0358 \text{ g./l.}$

2. Cálculo de la tasa de recuperación de vapores

- a) Promedio aritmético de las emisiones básicas.

$$E_B = \frac{1.1243 + 1.0107}{2} = 1.0675 \text{ g.}$$

- b) Promedio aritmético de las emisiones remanentes.

$$E_R = \frac{1.0180 + 1.0358}{2} = 1.0269 \text{ g.}$$

- c) Cálculo de la ETA.

$$ETA = \frac{1.0675 - 1.0269}{1.0675} (100)$$

$$ETA = 3.80 \%$$

3. Cálculo de la tasa volumétrica

- a) Calcular el volumen de vapor V_1 .

$$E_{R1} \quad V_1 = (553.30 - 553.0) = 0.3 \text{ l.}$$

$$E_{R2} \quad V_1 = (558.98 - 555.3) = 3.68 \text{ l.}$$

b) Corrección de volumen.

$$V_{u1} = \frac{(0.0785 \text{ Pa}) (0.3 \text{ l.})}{0.0785 \text{ Pa}^4} = 0.3 \text{ l.}$$

$$V_{u2} = \frac{(0.0785 \text{ Pa}) (3.68 \text{ l.})}{0.0785 \text{ Pa}} = 3.68 \text{ l.}$$

c) Cálculo de la tasa volumétrica.

$$TV_1 = \frac{0.3}{42.24} (100) = 0.7162 \%$$

$$TV_2 = \frac{3.68}{32.44} (100) = 11.34 \%$$

$$TV = \frac{0.7162 + 11.34}{2} = 6.03 \%$$

En resumen los resultados son los siguientes:

Eficiencia = 3.80 %

Tasa volumétrica = 6.03 %

⁴ La presión manométrica correspondiente al flujo de vapores de gasolina y medida directamente en el gasómetro es similar a la presión atmosférica de la Cd. de México (0.0785 Pa).

4.2 RESULTADOS DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE BALANCE

A continuación se muestran las tablas de resultados de las evaluaciones obtenidas en laboratorio correspondientes a los SRV's de balance "A" y "B".

4.2.1 BALANCE "A"

En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidas en laboratorio del SRV's de balance "A", la cual contiene los valores a utilizar para la obtención de los parámetros de interés y enseguida se presenta la tabla 13 que resume los parámetros de tasa volumétrica y eficiencia de las 30 evaluaciones realizadas.

TABLA 12. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV's BALANCE "A"

Nº DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADSORB. CONV.		PESO DEL ADSORB. MET.		VOLUMEN DE CUMENX.	TIEMPO DE LLENADO	PIEZO DE LLENADO	EMISIONE ZVAP.	VOLUMEN DE VAPOR		TASA V/L.	EFICIENCIA (%)
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL		
		(g)	(g)	(g)	(g)					(l)	(l)		
1 FORD THUNDER 92	BÁRICA	3103.60	3103.60	15816.90	15884.20	42.13	7'4"	33.96	1.1269				3.92
	REMANENTE	3103.60	3103.20	15802.00	15924.80	42.24	8'20	26.90	1.0180	333.30	333.30	3.43	
	REMANENTE	3103.60	3103.30	16179.30	16643.00	32.44	7'42	26.22	1.0378	333.30	338.00	3.18	
	BÁRICA	3103.20	3103.10	15941.30	15883.90	42.22	7'19	34.43	1.0107	0.27			
2 NISSAN THUNDER 92	BÁRICA	3103.20	3103.20	15836.10	15866.90	30.23	34.10	33.48	0.9327				5.33
	REMANENTE	3103.60	3103.30	15906.22	13616.90	30.23	30.34	29.98	1.0116	323.30	324.62	3.79	
	REMANENTE	3103.70	3103.70	16378.50	16649.90	30.23	30.41	37.30	1.1949	324.62	323.90	4.22	
	BÁRICA	3103.70	3103.90	15833.30	15873.30	30.20	41.23	30.28	1.2080	3.97			
3 FORD ORCA 91	BÁRICA	3103.70	3103.60	15806.20	15917.00	32.70	37'41	34.18	0.9430				16.00
	REMANENTE	3103.60	3103.60	15837.70	15863.20	33.53	49'24	28.73	0.8296	418.30	422.80	10.10	
	REMANENTE	3103.60	3103.30	15807.30	15933.80	33.19	44"7"	28.92	0.8234	422.30	423.00	8.14	
	BÁRICA	3103.60	3103.60	16172.30	16673.10	33.17	37"4"	34.47	0.9679	23.12			
4 GM CAVALIER 91	BÁRICA	3099.80	3099.80	15883.62	15924.95	33.42	41.56	34.79	1.1893				11.09
	REMANENTE	3099.80	3099.70	16173.30	16610.10	33.34	33.33	43.24	1.0328	423.23	433.30	33.81	
	REMANENTE												
	BÁRICA									33.81			
5 VW JETTA 91	BÁRICA	3100.70	3100.80	15820.60	15863.80	32.01	28.10	33.81	1.0247				97.97
	REMANENTE	3100.30	3100.80	15800.60	15829.70	32.28	34.16	28.43	0.8331	722.24	738.12	107.73	
	REMANENTE	3101.00	3101.00	16378.30	16378.30	32.21	74.10	38.89	0.8080	738.12	706.40	91.10	
	BÁRICA	3101.00	3101.10	15830.80	15863.70	32.34	37.31	34.79	1.0436	89.61			

TABLA 12. (CONTINUACIÓN)

Nº DE PULTRA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PULTRA	PESO DEL ADSORB. COMP.		PESO DEL ADSORB. MED.		VOLUMEN DE COMBUST.	TIEMPO DE LLENADO	FLUJO DE LLENADO	EMISION DE VAP.	VOLUMEN DE VAPOR		TASA V.E.	EFICIENCIA (%)
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL		
		(g)	(g)	(g)	(g)					(l)	(l)		
6 VW OULET FI	BARCA	3103 50	3103 50	13884 65	13911 35	34 43	45 58	33 01	1 58	138 45	159 88	64 50	99 46
	REMANENTE	3103 10	3103 10	16317 43	16367 30	33 19	64 30	28 84	0 5121		159 88	64 50	
	BARCA	3103 10	3103 10	13631 96	13612 00	33 81	73 99	28 78	0 3032		159 88	191 85	
*9 gram.											94 63		
7 CHRYSLER SPRINT FI	BARCA	3113 86	3113 50	15834 50	15940 20	34 23	60 84	37 67	0 9681	340 20	343 90	64 00	55 44
	REMANENTE	3113 40	3113 50	17488 10	15923 20	34 21	77 30	28 22	0 3922		343 90	64 00	
	BARCA	3113 40	3113 50	14817 80	14798 40	34 97	60 20	34 97	0 5031		343 90	503 60	
*9 gram.											58 65		
8 VW SEDAN FI	BARCA	3113 50	3113 40	15866 50	15902 20	34 17	61 24	37 43	0 9843	291 50	313 70	61 22	71 70
	REMANENTE	3113 40	3113 50	15889 70	15901 20	34 24	72 23	30 11	0 3190		313 70	61 22	
	BARCA	3113 40	3113 50	16136 30	16193 50	34 92	64 75	34 21	0 2645		313 70	336 40	
*9 gram.											61 33		
9 DM CUTLASS FI	BARCA	3099 10	3099 10	15828 10	15872 80	34 43	66 70	33 94	1 1337	423 30	436 20	58 82	65 28
	REMANENTE	3099 10	3099 10	15867 20	15833 50	43 38	93 64	28 67	0 5750		436 20	58 82	
	BARCA												
*9 gram.											58 82		
10 FORD TOPAZ FI	BARCA	3100 90	3100 90	15864 80	15913 40	27 16	48 08	33 89	1 0933	473 27	482 21	29 61	28 94
	REMANENTE	3110 30	3110 30	16380 10	16404 80	33 37	69 50	28 98	0 7358		482 21	29 61	
	REMANENTE	3110 90	3110 90	15843 50	15869 00	33 44	68 73	29 18	0 7428		482 21	681 43	
*9 gram.											28 65		

De manera similar y en forma complementaria, se evaluaron otros 20 vehículos. A continuación se muestra el total de las evaluaciones con sus respectivos resultados.

TABLA 13. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S BALANCE "A"			
NO. AUTOMÓVIL	MARCA MOD. COMBI	TASA VOLUMÉTRICA (%)	EFICIENCIA (%)
1	FORD THUND 92	8.27	3.92
2	NISSAN TSURU 92	3.97	5.55
3	FORD GHA 92	13.12	16.00
4	GM CAVALIER 92	33.81	11.69
5	VW JETTA 92	99.46	97.97
6	VW GOLF 92	94.63	99.46
7	CHRY. SPIRIT 92	59.65	55.44
8	VW SEDAN 92	61.35	71.78
9	GM CUTLASS 92	58.82	49.28
10	FORD TOPAZ 92	28.62	28.94
11	FORD FAIRMONT 79	88.25	21.58
12	VW COMBI 91	55.22	42.68
13	JEEP 84	109.32	87.52
14	DODGE CLUB 87	81.45	36.81
15	VW SEDAN 91	8.60	10.44
16	CHRY. SHADOW 89	20.40	15.32
17	CHRY. VOLARE K 86	55.01	37.15
18	VW GOLF 88	94.04	97.73
19	VW JETTA 90	75.51	92.66
20	NISSAN SAKURA 88	53.30	50.81
21	FORD TOPAZ 90	17.98	21.95
22	CHRY. NEW YORKER 90	55.65	27.49
23	VW CARIBE 86	104.25	94.12
24	DODGE GUAYIN 80	72.56	82.31
25	NISSAN TSURU II 88	55.34	97.41
26	CHRY. DART 77	10.22	26.20
27	NISSAN HICARI 89	55.45	75.77
28	GM BLAZER 93	24.72	30.54
29	CHRY. MAGNUM 84	44.56	50.29
30	NISSAN PICK-UP 88	69.70	37.12

4.2.2 BALANCE "B"

En la tabla 14 se presentan los resultados obtenidas en laboratorio del SRV's de balance "B", la cual contiene los valores a utilizar para la obtención de los parámetros de interés y enseguida se presenta la tabla 15 que resume los parámetros de tasa volumétrica y eficiencia de las 30 evaluaciones realizadas.

TABLA 14. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV's BALANCE "B"

Nº DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADSORBEDOR		PESO DEL ADSORBIDOR		VOLUMEN DE COMBUST. (l)	TIEMPO DE LLENADO (seg)	FLUJO DE LLENADO (l/min)	EQUIV. EVAP. (g)	VOLUMEN DE VAPOR		TASA P.V. (%)	EFICIENCIA (%)
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL		
		(g)	(g)	(g)	(g)					(l)	(l)		
1 FORD THUND P2	BARCA	3102.50	3102.50	15863.30	15927.80	40.29	60.22	33.44	1.11970				34.07
	REMANENTE	3102.60	3102.50	16372.50	16466.50	62.27	87.86	27.50	0.86468	233.90	249.30	33.83	
	REMANENTE	3102.50	3102.50	15843.50	15977.50	62.25	85.13	28.37	0.89773	249.20	236.50	32.61	
	BARCA	3102.50	3102.60	15886.80	15991.90	62.24	60.81	33.11	1.12227				
											ef. gram.	37.82	
2 NISSAN TECNOL P2	BARCA	3099.60	3099.60	15637.60	15879.70	28.14	49.32	34.10	1.21118				36.34
	REMANENTE	3100.30	3100.10	15883.90	15969.30	28.33	67.32	22.29	0.86007	397.60	402.70	17.90	
	REMANENTE	3100.60	3100.60	15833.00	15863.00	28.31	61.18	27.66	0.89773	433.10	440.10	34.81	
	BARCA	3100.60	3100.60	15883.50	15918.90	28.26	49.33	34.22	1.22257				
											ef. gram.	21.60	
3 FORD ORCA P2	BARCA	3099.50	3099.60	15636.60	15869.90	33.31	37.28	34.89	1.00217				49.18
	REMANENTE	3099.50	3099.60	16376.20	16390.90	33.24	71.16	28.33	0.49964	870.50	896.10	30.87	
	REMANENTE	3099.50	3099.50	15837.50	15854.50	33.02	69.95	29.02	0.56118	898.10	1003.00	49.87	
	BARCA	3099.50	3099.60	15881.00	15917.50	33.33	37.09	33.63	1.00253				
											ef. gram.	36.67	
4 GM CAVALIER P2	BARCA	3102.60	3102.60	15839.50	15876.70	35.11	38.10	36.28	1.04312				63.28
	REMANENTE	3102.50	3102.50	15901.10	15917.20	34.94	73.63	27.71	0.46026	160.20	184.10	66.90	
	REMANENTE	3102.50	3102.60	16376.00	16384.50	35.23	71.50	28.20	0.29512	303.00	233.90	91.12	
	BARCA	3102.60	3102.60	15838.80	15878.10	35.33	60.03	33.31	1.11234				
											ef. gram.	80.83	
5 VW BETTA P2	BARCA	3123.20	3123.20	15672.00	15899.10	33.33	56.37	33.30	0.86869				82.30
	REMANENTE	3123.50	3123.50	15893.20	15893.20	33.27	69.13	28.00	0.92960	671.50	704.30	90.39	
	REMANENTE	3123.60	3123.60	16387.00	16389.30	33.29	70.37	28.10	0.08991	723.50	756.10	92.52	
	BARCA	3123.60	3123.60	15893.20	15923.10	33.21	56.84	33.04	0.90023				
											ef. gram.	93.33	

TABLA 14. (CONTINUACIÓN)

No DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADMORBEDOR		PESO DEL ADMORBEDOR		VOLUMEN DE LLENADO		TIEMPO DE LLENADO		FLUJO DE LLENADO (l/min)	EMISIÓN FVAP (g/l)	VOLUMEN DE VAPOR		TASA VFA (%)	EFICIENCIA (%)
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	DE CUMPLIR	DE LLENADO	INICIAL	FINAL						
		(g)	(g)	(g)	(g)	(seg)	(min)	(l)	(l)						
6	BÁRICA	3093.20	3093.19	15834.90	15879.20	27.83	68.84	33.68	1.3413					89.40	
	ADMORBEDOR	3093.30	3093.30	16374.30	16374.30	27.16	38.76	37.73	6.1475	76.90	613.60	90.37			
	ADMORBEDOR	3093.40	3093.40	17018.90	13663.20	27.18	18.72	27.75	0.1141	813.40	838.60	92.76			
	BÁRICA	3093.60	3093.60	13674.70	15968.90	27.19	46.96	33.51	1.1651						
												97 prom.	81.60		
7	BÁRICA	3100.70	3100.70	15636.80	15877.80	34.93	64.00	32.77	1.0014					58.34	
	ADMORBEDOR	3100.70	3100.60	17083.60	15994.90	34.04	74.81	28.41	0.8023	668.00	476.30	83.41			
	ADMORBEDOR	3100.60	3100.60	16374.60	16393.90	36.57	74.86	29.31	0.3668	476.30	691.60	37.70			
	BÁRICA	3100.60	3100.50	15960.50	15879.70	36.60	62.30	33.53	1.9797						
												97 prom.	70.70		
8	BÁRICA	3111.80	3111.60	15868.30	15956.20	36.29	61.24	33.56	0.9963					55.78	
	ADMORBEDOR	3111.60	3111.50	15986.70	15963.00	36.17	71.23	30.66	0.4354	383.30	315.70	77.91			
	ADMORBEDOR	3111.60	3111.30	16386.30	16399.90	36.24	60.73	31.79	0.4322	313.70	339.60	70.92			
	BÁRICA	3111.50	3111.40	15866.90	15901.60	36.93	61.30	33.60	1.0184						
												97 prom.	70.80		
9	BÁRICA	3118.20	3118.10	15836.30	15993.20	36.30	60.19	36.24	1.3609					47.96	
	ADMORBEDOR	3118.10	3118.00	16178.60	16190.70	36.44	66.33	23.87	0.3616	334.10	342.00	49.12			
	ADMORBEDOR	3118.10	3118.10	15850.90	15892.60	36.33	63.37	33.54	1.1671						
	BÁRICA	3118.10	3118.10	15850.90	15892.60	36.33	63.37	33.54	1.1671						
												97 prom.	49.12		
10	BÁRICA	3098.60	3098.60	15873.60	15916.60	33.33	53.71	33.70	1.2176					31.93	
	ADMORBEDOR	3100.20	3100.10	16373.10	16403.00	33.19	60.87	28.93	0.9039	330.90	333.30	33.86			
	ADMORBEDOR	3098.90	3098.90	15873.60	15908.10	33.16	60.80	28.93	0.6783	706.00	720.60	41.43			
	BÁRICA	3098.60	3098.60	16374.60	16411.80	33.16	33.66	33.89	1.0977						
												97 prom.	38.66		

De manera similar y en forma complementaria, se evaluaron otros 20 vehículos. A continuación se muestra el total de las evaluaciones con sus respectivos resultados.

TABLA 15. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S			
BALANCE "B"			
NO. AUTOMÓVIL	MARCA MOD. COMBI.	TASA VOLUMÉTRICA (%)	EFICIENCIA (%)
1	FORD THUND. 92	27.82	24.47
2	NISSAN TSURU 92	21.40	26.24
3	FORD GHA 92	54.47	49.18
4	GM CAVALIER 92	80.05	65.28
5	VW JETTA 92	95.55	95.59
6	VW GOLF 92	91.68	89.40
7	CHRY. SPIRIT 92	70.76	58.54
8	VW SEDAN 92	74.44	55.78
9	GM CUTLASS 92	49.12	47.96
10	FORD TOPAZ 92	28.64	31.95
11	FORD FAIRMONT 79	104.81	29.37
12	VW COMBI 91	71.91	50.43
13	JEEP 84	120.11	93.80
14	DODGE CLUB 87	81.62	62.08
15	VW SEDAN 91	14.34	30.60
16	CHRY. SHADOW 89	41.99	64.51
17	CHRY. VOLARE K 86	72.60	76.91
18	VW GOLF 88	100.78	94.66
19	VW JETTA 90	105.75	97.45
20	NISSAN SAKURA 88	73.42	65.97
21	FORD TOPAZ 90	83.01	47.48
22	CHRY. NEW YORKER 90	49.52	50.55
23	VW CABRIO 86	97.99	92.26
24	DODGE QUAYEN 80	91.69	70.76
25	NISSAN TSURU II 88	18.37	34.79
26	CHRY. DART 77	10.31	24.70
27	NISSAN HICARI 89	41.97	46.48
28	GM BLAZER 93	61.55	51.67
29	CHRY. MAGNUM 84	51.62	60.37
30	NISSAN PICK-UP 88	4.59	47.33

4.3 RESULTADOS DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDOS POR VACÍO SIN INCINERADOR

En la tabla 16 se presentan los resultados obtenidas en laboratorio del SRV's asistido por vacío sin incinerador, la cual contiene los valores a utilizar para la obtención de los parámetros de interés y enseguida se presenta la tabla 17 que resume los parámetros de tasa volumétrica y eficiencia de las 30 evaluaciones realizadas.

TABLA 16. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV's VACÍO SIN INC.

No. DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PERO DEL ADMORADOR		PERO DEL ADMORADOR		VOLUMEN DE COMBUST.	TIEMPO DE LLENADO (seg)	FLUJO DE LLENADO (l/min)	EMISION EVAP. (g/l)	VOLUMEN DE VAPOR		TARA VUL.	EFICIENCIA (%)
		SOCIAL (g)	FINAL (g)	SOCIAL (g)	FINAL (g)					SOCIAL (l)	FINAL (l)		
1 FORD THUNDER 92	BÁRICA	3121 00	3121 70	15702 18	15602 90	27 11	44 40	34 64	0 7177				92 00
	REMANENTE	3121 40	3122 10	15648 30	15770 00	27 27	44 20	37 02	0 0513	717 20	746 20	146 34	
	REMANENTE	3120 00	3120 00	15648 30	15648 40	27 17	44 20	34 00	0 0734	704 30	812 20	183 43	
	BÁRICA	3120 30	3120 30	15692 00	15714 70	27 23	44 20	34 96	0 0410				
											vol. gram.	183 39	
2 NISSAN TERRANO 92	BÁRICA	3121 00	3121 40	15646 30	15722 40	34 04	34 01	34 04	0 7430				92 15
	REMANENTE	3121 10	3121 00	15774 90	15777 20	34 17	34 20	34 06	0 0155	146 30	704 50	185 00	
	REMANENTE	3120 00	3120 40	14547 70	14548 70	34 23	34 00	34 87	0 0321	813 30	821 00	102 71	
	BÁRICA	3120 20	3120 20	14546 90	14594 00	34 05	34 00	34 79	0 7719				
											vol. gram.	185 00	
3 FORD ORCA 92	BÁRICA	3117 00	3117 70	15779 40	15803 10	34 33	34 93	34 99	0 4378				92 42
	REMANENTE	3118 00	3117 00	15693 20	15693 60	34 13	34 44	34 47	0 0140	822 00	800 40	104 04	
	REMANENTE	3117 00	3117 70	14371 00	14371 40	34 18	34 01	34 77	0 0193	800 70	729 10	104 14	
	BÁRICA	3117 70	3117 70	15779 30	15800 20	34 21	34 93	34 87	0 7429				
											vol. gram.	104 49	
4 GM CAVALIER 92	BÁRICA	3122 00	3122 00	15793 40	15813 20	30 87	44 44	34 09	0 6283				92 68
	REMANENTE	3122 10	3122 00	15644 90	15644 90	32 02	48 17	34 34	0 0130	824 01	941 00	104 18	
	REMANENTE	3122 10	3122 30	14673 40	14673 00	29 42	31 43	34 31	0 0264	943 90	993 40	103 07	
	BÁRICA	3122 00	3122 00	15779 40	15798 90	34 03	48 34	34 84	0 6823				
											vol. gram.	104 18	
5 VW BETA 92	BÁRICA	3127 00	3127 00	15692 40	15716 00	33 13	33 83	34 91	0 7503				90 84
	REMANENTE	3127 10	3127 00	15707 00	15740 20	33 18	34 47	34 44	0 0131	6 00	34 00	104 16	
	REMANENTE	3127 10	3127 00	14371 00	14371 20	33 21	34 20	34 00	0 0131	42 00	97 00	105 71	
	BÁRICA	3126 00	3126 00	15644 40	15721 40	33 18	34 00	34 01	0 6228				
											vol. gram.	104 93	

TABLA 16. (CONTINUACIÓN)

N.º DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADMORDEDOR		PESO DEL ADMORDEDOR		VOLUMEN DE COMBUST.	TIEMPO DE LLENADO (seg)	FLUJO DE LLENADO (l/min)	EMISIÓN DE VAPOR (g/l)	VOLUMEN DE VAPOR		TASA V/L (%)	EFICIENCIA (%)
		INICIAL (g)	FINAL (g)	INICIAL (g)	FINAL (g)					INICIAL (l)	FINAL (l)		
6 VW GOLF P2	BASICA	3132 00	3132 10	15787 60	15813 60	24 10	49 84	29 89	0 6107				91 37
	REDANANTE	3132 10	3131 70	15750 00	15750 00	24 24	50 26	29 14	0 2046	132 50	130 10	100 54	
	BASICA	3131 60	3131 20	16166 90	16166 90	24 17	50 72	28 59	0 2069	150 10	174 60	108 80	
7 CHRYSLER SPIRIT P2	BASICA	3120 00	3120 60	16364 60	16373 60	36 40	38 72	17 10	0 7437				94 73
	REDANANTE	3120 80	3120 30	15690 00	15691 20	36 20	60 50	13 91	0 0340	432 20	439 10	107 20	
	BASICA	3121 70	3121 30	15768 90	15769 70	35 94	39 13	13 90	0 2132	439 10	697 00	106 80	
8 VW REDAN P2	BASICA	3119 10	3119 10	15667 50	15713 60	27 13	46 50	36 31	0 4390				90 41
	REDANANTE	3119 20	3119 30	16372 20	16372 60	27 31	46 17	37 10	0 2027	502 80	331 60	105 46	
	BASICA	3119 20	3119 10	15770 20	15770 60	27 23	46 64	36 80	0 0184	331 60	560 70	106 87	
9 GM CUTLASS P2	BASICA	3123 60	3123 70	15787 60	15804 60	26 17	40 53	36 30	0 6933				90 23
	REDANANTE	3124 00	3124 00	15787 70	15787 80	26 34	33 87	36 54	0 3061	560 60	336 00	104 33	
	BASICA	3124 20	3124 10	15687 60	15687 80	26 31	40 60	33 81	0 0206	306 20	611 80	106 50	
10 FORD TOPAZ P2	BASICA	3163 90	3163 90	15862 60	15863 60	36 10	39 67	36 42	0 1320				94 84
	REDANANTE	3163 80	3163 70	15731 60	15731 70	36 13	60 67	33 87	0 2033	994 30	1033 00	107 63	
	BASICA	3163 60	3163 50	16191 60	16191 80	36 04	39 63	36 23	0 0083	33 00	71 10	105 72	
													94 84

De manera similar y en forma complementaria, se evaluaron otros 20 vehículos. A continuación se muestra el total de las evaluaciones con sus respectivos resultados.

TABLA 17. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S VACÍO SIN INC.			
NO. AUTOMÓVIL	MARCA MOD. COMB.	TASA VOLUMÉTRICA (%)	EFICIENCIA (%)
1	FORD THUNDER 92	103.99	92.09
2	NISSAN TSURU 92	103.80	97.13
3	FORD GHA 92	106.49	97.43
4	GM CAVALIER 92	106.38	97.69
5	VW JETTA 92	106.93	98.05
6	VW GOLF 92	109.18	91.37
7	CHRY. SPIRIT 92	107.08	96.72
8	VW SEDAN 92	106.16	98.41
9	GM CUTLASS 92	103.33	98.25
10	FORD TOPAZ 92	106.38	94.94
11	FORD FAIRMONT 79	109.08	92.50
12	VW COMBI 91	105.89	97.11
13	JEOP 84	105.15	97.62
14	DODGE CLUH 87	103.99	96.62
15	VW SEDAN 91	103.48	93.45
16	CHRY. SHADOW 89	106.06	97.15
17	CHRY. VOLARE K 86	107.11	96.39
18	VW GOLF 88	105.52	93.55
19	VW JETTA 90	106.88	94.27
20	NISSAN SAKURA 88	106.73	98.29
21	FORD TOPAZ 90	108.15	89.71
22	CHRY. NEW YORKER 90	109.54	97.56
23	VW CARIBE 86	108.62	92.40
24	DODGE QUAYN 80	106.64	89.62
25	NISSAN TSURU II 88	108.40	94.24
26	CHRY. DART 77	107.25	96.07
27	NISSAN HICARI 89	113.60	87.18
28	GM BLAZER 93	109.31	91.76
29	CHRY. MAGNUM 84	106.43	98.53
30	NISSAN PICK-UP 88	108.27	89.49

4.4 RESULTADOS DEL SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDOS POR VACÍO CON INCINERADOR

A continuación se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de los SRV's asistidos por vacío con incinerador "A" y "B"

4.4.1 VACÍO CON INCINERADOR "A"

En la tabla 18 se presentan los resultados obtenidas en laboratorio del SRV's asistido por vacío con incinerador "A", la cual contiene los valores a utilizar para la obtención de los parámetros de interés y enseguida se presenta la tabla 19 que resume los parámetros de tasa volumétrica y eficiencia de las 30 evaluaciones realizadas.

TABLA 18. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV's VACÍO CON INC. "A"

Nº DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADORSORREDOR		PESO DEL ADORSORREDOR		VOLUMEN DE COMBUSTIBLE LLENADO (l)	TIEMPO DE LLENADO (min)	PILLO DE LLENADO (mm)	EMISIÓN EVAP. (g/l)	VOLUMEN DE VAPOR		TASA V/L (%)	EFICIENCIA (%)
		INICIAL (g)	FINAL (g)	INICIAL (g)	FINAL (g)					INICIAL (l)	FINAL (l)		
1 FORD THUNDER 92	BÁSCA	3102.20	3102.00	15886.10	15876.50	60.27	89.84	34.60	1.2363				93.32
	REMANENTE	3102.60	3102.30	15893.10	15894.80	37.96	75.23	39.22	0.2473	893.50	938.00	143.91	
	BÁSCA	3102.30	3102.10	15834.60	15834.70	37.20	74.00	30.14	0.2618	1024.00	1079.20	146.34	
											of gram	146.87	
2 NISSAN TRUCK 92	BÁSCA	3104.60	3104.60	16173.00	16407.90	50.08	13.06	34.01	1.0273				91.47
	REMANENTE	3104.10	3104.00	16174.90	16377.70	29.10	33.31	32.75	0.2997	476.20	329.80	184.19	
	BÁSCA	3104.10	3104.10	16174.00	16176.50	29.82	34.44	31.87	0.2661	370.60	617.40	130.95	
											of gram	147.34	
3 FORD CREKA 92	BÁSCA	3104.50	3104.10	15882.10	15919.50	34.32	43.58	33.39	1.0332				90.23
	REMANENTE	3103.90	3104.00	15884.90	15883.60	18.34	66.23	34.75	0.0104	329.90	373.50	113.93	
	BÁSCA	3104.30	3103.90	15882.60	15882.90	18.40	63.93	34.84	0.2632	617.50	671.60	140.89	
											of gram	137.40	
4 BMW CAVALIER 92	BÁSCA	3107.90	3107.80	15863.70	15882.50	33.14	60.37	34.58	1.0219				90.80
	REMANENTE	3107.80	3107.70	15881.80	15882.20	34.20	62.33	32.91	0.0144	296.20	346.20	146.20	
	BÁSCA	3107.70	3107.60	16176.70	16176.80	34.10	60.02	34.09	0.2639	373.50	623.70	167.21	
											of gram	146.71	
5 VW JETTA 92	BÁSCA	3109.50	3109.40	15881.90	15914.60	33.17	34.94	34.93	0.9828				90.98
	REMANENTE	3109.00	3108.80	15883.30	15883.40	34.13	34.77	34.77	0.0080	878.50	923.70	134.21	
	BÁSCA	3109.60	3109.60	15881.20	15882.40	34.13	34.93	34.76	0.0117	879.00	1019.20	134.21	
											of gram	110.34	

TABLA 18. (CONTINUACIÓN)

Nº DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADMORBEDOR		PESO DEL ADMORBEDOR		VOLUMEN DE COMBUST.	TIEMPO DE LLENADO	PILLO DE LLENADO	EMISIÓN EVAP.	VOLUMEN DE VAPOR		TASA V.L.	EFICIENCIA (%)
		INICIAL (g)	FINAL (g)	INICIAL (g)	FINAL (g)					INICIAL (l)	FINAL (l)		
6 VW GOLF P2	BARCA	3109.70	3109.60	15819.20	15872.30	33.18	56.83	54.93	1.2036				96.63
	RESERVANTE	3109.30	3109.10	15842.50	15842.80	32.18	59.69	52.27	0.9156	814.18	361.46	147.33	
	RESERVANTE	3103.80	3103.60	15817.60	15817.20	31.96	58.93	52.47	0.9123	823.70	371.80	144.83	
	BARCA	3103.50	3103.30	15817.20	15870.50	33.84	59.47	54.14	1.0491				
ef. prom.											144.39		
7 CHEVILEZ SPRIET P2	BARCA	3098.90	3099.00	16369.80	16448.70	36.54	62.12	33.10	1.0677				96.16
	RESERVANTE	3099.20	3099.20	15834.60	15833.60	33.01	64.62	52.51	0.9729	41.50	93.60	148.81	
	RESERVANTE	3099.10	3099.20	15883.70	15884.60	33.10	64.64	52.68	0.9717	93.60	147.70	148.63	
	BARCA	3099.30	3099.32	16373.30	16413.60	36.18	62.93	34.73	1.1280				
ef. prom.											148.63		
8 VW MEDAN P2	BARCA	3102.30	3102.60	15835.20	15863.30	24.17	50.23	28.84	1.2495				87.48
	RESERVANTE	3102.60	3102.20	15879.80	15880.50	23.18	78.93	17.50	0.9346	178.30	240.30	268.40	
	RESERVANTE	3102.20	3102.20	16377.80	16378.30	23.18	69.50	25.06	0.9260	240.30	293.80	326.76	
	BARCA	3102.30	3102.30	15818.20	15868.30	24.26	54.30	34.81	1.1983				
ef. prom.											269.57		
9 OM CUTLASS P2	BARCA	3099.60	3099.70	15819.70	15881.40	34.41	60.02	56.60	1.1480				96.24
	RESERVANTE	3099.70	3099.70	15827.10	15827.70	34.63	63.54	33.77	0.9153	863.20	319.60	140.73	
	RESERVANTE	3099.80	3099.80	15843.80	15846.80	34.13	61.88	33.83	0.9234	870.90	371.70	139.57	
	BARCA	3099.80	3110.20	16373.00	16413.00	34.24	66.02	34.23	1.2114				
ef. prom.											123.18		
10 FORD TOPAZ P2	BARCA	3096.20	3096.00	15815.00	15879.30	33.07	37.31	34.82	1.0793				99.48
	RESERVANTE	3096.40	3096.40	15878.00	15878.20	34.18	56.12	33.20	0.9019	143.30	193.60	144.92	
	RESERVANTE	3096.40	3096.50	16373.70	16373.80	34.18	59.22	34.33	0.9059	264.80	316.10	136.44	
	BARCA	3096.40	3096.60	15834.20	15871.80	31.47	53.18	34.22	1.1884				
ef. prom.											148.68		

De manera similar y en forma complementaria, se evaluaron otros 20 vehículos. A continuación se muestra el total de las evaluaciones con sus respectivos resultados.

TABLA 19. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SERV'S VACIO CON INC. "A"			
NO. AUTOMOVIL	MARCA MOD. COMBI.	TASA VOLUMETRICA (%)	EFICIENCIA (%)
1	FORD THUND 92	146.07	95.52
2	NISSAN TSURU 92	167.56	91.47
3	FORD GHA 92	127.40	99.25
4	GM CAVALIER 92	146.71	99.03
5	VW JETTA 92	138.36	99.98
6	VW GOLF 92	146.09	98.63
7	CHRY. SPIRIT 92	148.62	98.16
8	VW SEDAN 92	249.57	97.48
9	GM CUTLASS 92	125.16	98.29
10	FORD TOPAZ 92	148.68	99.48
11	FORD FAIRMONT 79	142.95	89.55
12	VW COMBI 91	152.66	89.80
13	JEOP 84	214.24	90.00
14	DODGE CLUB 87	227.56	98.27
15	VW SEDAN 91	191.62	87.67
16	CHRY. SHADOW 89	175.20	98.84
17	CHRY. VOLARE K 86	106.85	98.19
18	VW GOLF 88	160.29	98.42
19	VW JETTA 90	149.75	98.28
20	NISSAN SAKURA 88	151.48	87.02
21	FORD TOPAZ 90	156.41	79.21
22	CHRY. NEW YORKER 90	146.74	98.70
23	VW CABIBE 86	152.90	98.52
24	DODGE GUAYIN 80	148.88	98.00
25	NISSAN TSURU II 88	151.04	95.17
26	CHRY. DART 77	146.91	95.22
27	NISSAN HIKARI 89	266.37	98.10
28	GM BLAZER 93	145.89	94.38
29	CHRY. MAGNUM 84	265.96	99.10
30	NISSAN PICK-UP 88	148.92	81.06

4.4.2 VACÍO CON INCINERADOR "B"

En la tabla 20 se presentan los resultados obtenidas en laboratorio del SRV's asistido por vacío con incinerador "B", la cual contiene los valores a utilizar para la obtención de los parámetros de interés y enseguida se presenta la tabla 21 que resume los parámetros de tasa volumétrica y eficiencia de las 30 evaluaciones realizadas.

TABLA 20. RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV'S VACÍO CON INC. "B"

Nº DE PRUEBA Y MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADSORBEDOR		PESO DEL ADSORBEDOR		VOLUMEN DE COMBUSTIBLE	TIEMPO DE LLENADO	FLUJO DE LLENADO	EMISIÓN DE VAPOR	VOLUMEN DE VAPOR		TASA DE V.L. (%)	EFICIENCIA (%)
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL					INICIAL	FINAL		
		(g)	(g)	(g)	(g)					(l)	(l)		
1 FORD TRENDE	BALCA	3125.80	3125.80	15816.50	15814.20	42.50	71.13	14.87	0.85.8				98.31
	REDANENTE	3126.00	3125.80	15817.10	15817.60	44.28	82.13	23.84	0.2158	159.42	629.60	158.85	
	REDANENTE	3125.95	3125.90	16145.50	16166.20	44.28	85.54	21.47	0.2178	629.40	702.60	143.21	
	BALCA	3125.90	3125.90	15842.10	15841.40	42.38	72.21	13.81	0.8745				
											ef. grav.	161.64	
2 NISSAN TRUENOS	BALCA	3122.10	3122.20	15848.20	15852.50	50.54	81.19	15.54	1.1172				95.46
	REDANENTE	3122.50	3121.50	15877.00	15878.40	29.24	58.60	29.91	0.2479	656.50	706.60	173.85	
	REDANENTE	3122.40	3121.40	16172.40	16174.00	29.17	58.53	16.98	0.2548	702.60	751.70	178.61	
	BALCA	3120.60	3121.40	15875.00	15869.60	52.33	50.75	15.88	1.1334				
											ef. grav.	173.83	
3 FORD ORCA 92	BALCA	3122.80	3122.80	15908.20	15928.50	35.27	65.70	15.21	0.8791				96.74
	REDANENTE	3122.80	3122.60	16162.50	16162.50	35.78	77.74	27.61	0.2112	262.90	243.50	169.37	
	REDANENTE	3122.40	3122.50	15993.50	15993.80	35.40	75.34	27.85	0.2111	318.70	398.90	187.69	
	BALCA	3122.50	3122.20	16359.60	16372.80	35.52	69.20	15.78	0.9431				
											ef. grav.	169.55	
4 GM CAVALIER 91	BALCA	3124.60	3124.70	16269.60	16309.70	35.33	60.20	15.23	0.8487				96.58
	REDANENTE	3125.00	3124.90	15987.20	15987.50	34.25	78.45	24.20	0.2117	35.90	124.00	198.81	
	REDANENTE	3125.00	3124.80	16349.50	16349.70	34.15	80.91	23.31	0.2174	124.00	182.00	178.75	
	BALCA	3124.90	3124.80	15950.70	15964.40	35.17	62.55	15.87	0.9610				
											ef. grav.	188.78	
5 VW JETTA 92	BALCA	3129.70	3128.70	15878.90	15911.70	35.11	59.53	15.59	1.6187				96.68
	REDANENTE	3128.40	3128.40	16170.00	16170.50	35.14	64.83	12.95	0.2142	152.50	218.10	163.92	
	REDANENTE												
	BALCA												
											ef. grav.	143.92	

TABLA 20. (CONTINUACIÓN)

No. DE MODELO DE AUTOMÓVIL	TIPO DE PRUEBA	PESO DEL ADMORBEDOR		PESO DEL ADMORBEDOR		VOLUMEN DE COMBUST. (l)	TIEMPO DE LLENADO (seg)	FLUJO DE LLENADO (l/min)	EMISIÓN DE VAP. (g/l)	VOLUMEN DE VAPOR		TASA DE VAP. (%)	EFICIENCIA (%)
		INICIAL (g)	FINAL (g)	INICIAL (g)	FINAL (g)					INICIAL (l)	FINAL (l)		
6 VW COUP. P2	BÁRICA	3069.20	3069.20	15922.50	15922.50	33.21	63.02	33.67	0.9533				97.73
	ADMANENTE	3069.20	3069.15	15946.60	15947.20	33.38	72.71	33.99	0.9223	2.38	60.00	184.19	
	ADMANENTE	3069.20	3068.90	16343.60	16343.90	33.11	73.98	33.23	0.9191	60.00	118.10	186.76	
	BÁRICA	3068.90	3068.80	15992.00	15953.20	32.87	61.00	33.40	0.9508	ef. prom. 185.48			
7 CHRYSLER SPRINT. P2	BÁRICA	3102.10	3102.50	15890.20	15936.10	36.18	61.80	33.17	1.1111				96.67
	ADMANENTE	3102.00	3101.90	15828.20	15829.40	35.15	82.22	33.63	0.9376	49.40	339.60	184.92	
	ADMANENTE												
	BÁRICA									ef. prom. 184.92			
8 VW SEDAN. P2	BÁRICA	3108.80	3108.80	15639.90	15663.80	34.17	48.34	29.99	1.0716				76.87
	ADMANENTE	3108.90	3108.80	15900.70	15907.60	33.16	55.73	27.08	0.7793	118.00	160.60	169.32	
	ADMANENTE	3108.80	3108.80	16363.60	16379.60	33.18	54.42	27.64	0.9066	160.60	202.70	167.20	
	BÁRICA	3108.80	3108.80	15942.30	15963.60	34.18	67.43	34.70	0.9333	ef. prom. 168.28			
9 GM CUTLASS. P2	BÁRICA	3140.60	3140.50	15873.20	15908.90	36.64	62.09	33.21	0.9350				98.86
	ADMANENTE	3140.60	3140.60	15905.00	15946.10	35.43	70.18	30.29	0.9083	1526.50	1096.20	162.86	
	ADMANENTE	3140.60	3140.60	16190.00	16190.50	35.41	70.09	30.31	0.9141	96.20	132.50	136.89	
	BÁRICA	3140.60	3140.60	15869.40	15906.60	36.14	61.41	33.31	1.0349	ef. prom. 160.93			
10 FORD TOPAZ. P2	BÁRICA	3096.00	3095.60	15899.10	15920.20	33.38	37.76	34.69	0.9706				97.19
	ADMANENTE	3096.60	3096.60	16360.60	16361.30	33.01	74.22	36.30	0.9343	762.70	640.70	167.67	
	ADMANENTE	3096.60	3096.60	15854.90	15877.70	33.23	74.66	36.31	0.9227	760.70	820.70	176.31	
	BÁRICA	3096.30	3096.40	15891.70	15926.90	33.62	37.91	34.63	1.0363	ef. prom. 167.99			

De manera similar y en forma complementaria, se evaluaron otros 20 vehículos. A continuación se muestra el total de las evaluaciones con sus respectivos resultados.

TABLA 21. RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S VACIO CON INC. "B"			
NO. AUTOMOVIL	MARCA MOD. COMIL	TASA VOLUMETRICA (%)	EFICIENCIA (%)
1	FORD THUNDER 92	161.66	98.31
2	NISSAN TSURU 92	175.83	95.46
3	FORD GHA 92	168.53	98.76
4	GM CAVALIER 92	188.78	98.38
5	VW JETTA 92	163.92	98.60
6	VW GOLF 92	185.48	97.73
7	CHRY. SPIRIT 92	184.92	96.67
8	VW SEDAN 92	168.26	76.87
9	GM CUTLASS 92	160.93	98.86
10	FORD TOPAZ 92	167.99	97.19
11	FORD FAIRMONT 79	207.71	94.96
12	VW COMBI 91	183.20	93.25
13	JEOP 84	185.13	93.70
14	DODGE CLUB 87	260.00	96.72
15	VW SEDAN 91	183.53	89.74
16	CHRY. SHADOW 89	178.42	97.53
17	CHRY. VOLARE K 86	183.83	99.07
18	VW GOLF 88	182.13	98.01
19	VW JETTA 90	178.02	97.07
20	NISSAN SAKURA 88	188.46	93.55
21	FORD TOPAZ 90	181.09	95.44
22	CHRY. NEW YORKER 90	180.88	98.71
23	VW CARIBE 86	177.65	97.58
24	DODGE QUAYN 80	183.76	96.66
25	NISSAN TSURU II 88	188.14	97.97
26	CHRY. DART 77	184.42	96.48
27	NISSAN HIKARI 89	172.99	96.39
28	GM BLAZER 93	184.29	95.98
29	CHRY. MAGNUM 84	265.34	98.96
30	NISSAN PICK-UP 88	186.49	72.39

CAPÍTULO QUINTO

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES DE LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

5.1 GRÁFICOS DE RESULTADOS

Las evaluaciones realizadas en laboratorio de los Sistemas de Recuperación de Vapores tipo balance, vacío sin incinerador y vacío con incinerador dieron como resultado las tablas condensadas 13, 15, 17, 19 y 21 presentadas en el capítulo cuarto, las cuales contienen las treinta evaluaciones realizadas para cada sistema respectivamente. Se presentan a continuación los gráficos que ilustran los valores obtenidos de tasa volumétrica y eficiencia mostrados en las tablas anteriormente mencionadas. Posteriormente, se analiza el comportamiento de cada sistema apoyándose en el estudio estadístico de resultados, con el fin de obtener una mejor interpretación de los mismos dado que son valores obtenidos en forma experimental. Este análisis se complementa con gráficos comparativos por sistema, principio de operación y parámetro correspondiente, los cuales incluyen sus respectivos rangos de operación permitidos según la normatividad existente.

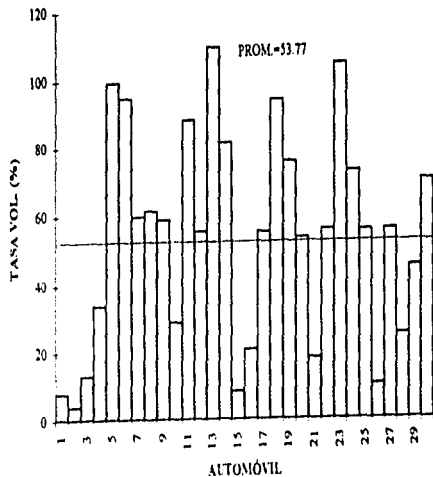
SRV's BALANCE "A"

No. Automóvil Marca Mod. Comb.

1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Gha 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 89
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

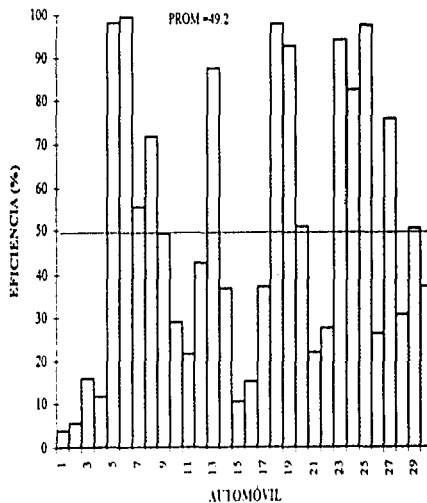
GRÁFICO I. TASA VOL. DEL SRV's BALANCE

"A"



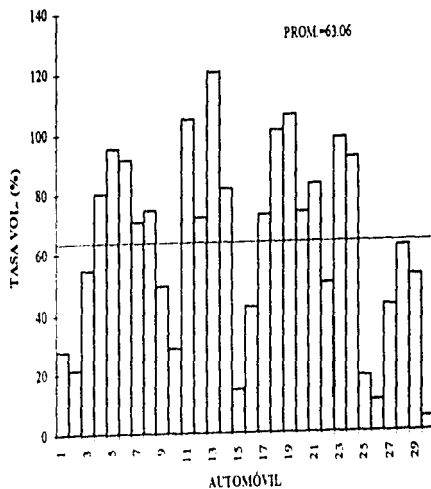
SRV's BALANCE "A"	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Gha 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sahara 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

GRÁFICO 2. EFICIENCIA DEL SRV's BALANCE "A"



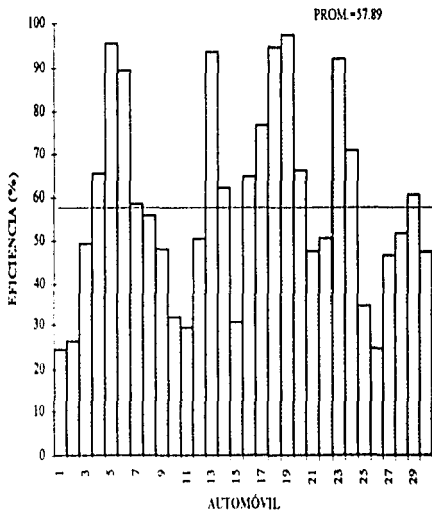
SRV's BALANCE "B"	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Gha 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakuru 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 30
23	VW Caribe 86
24	Dodge Casin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick up 88

GRÁFICO 3. TASA VOL. DEL SRV's BALANCE "B"



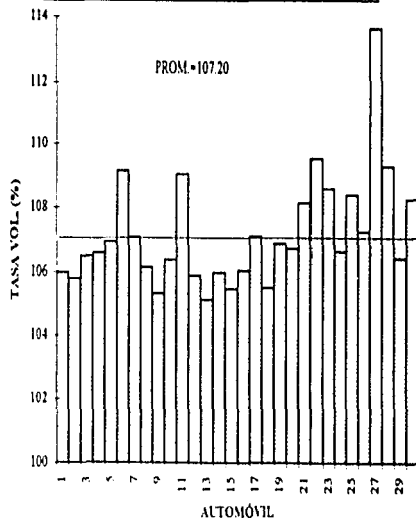
SRV's BALANCE "B"	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Gha 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combí 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

GRÁFICO 4. EFICIENCIA DEL SRV's BALANCE "B"



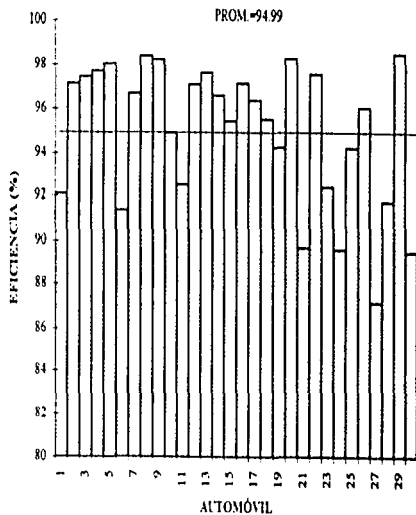
SRV's VACÍO SIN INCINERADOR	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Gha 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Sprint 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

GRÁFICO 5. TASA VOL. DEL SRV's VACÍO SIN C.



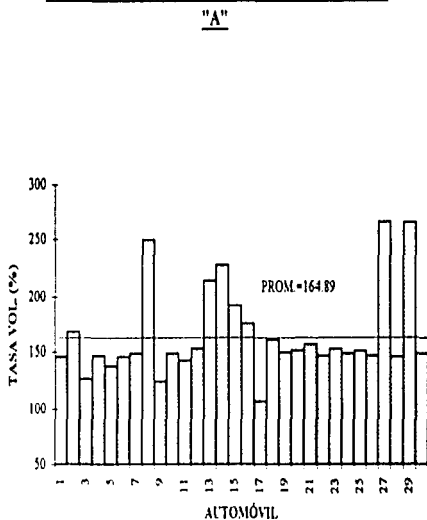
SRV's VACÍO SIN INCINERADOR	
Na. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Glia 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

GRÁFICO 6. EFICIENCIA DEL SRV's VACÍO S/INC.



SRV's VACIO C/INCINERADOR "A"	
No. Automóvil	Marcas Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Ghia 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hilari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick up 88

GRÁFICO 7. TASA VOL. DEL SRV's VACIO C/INC.

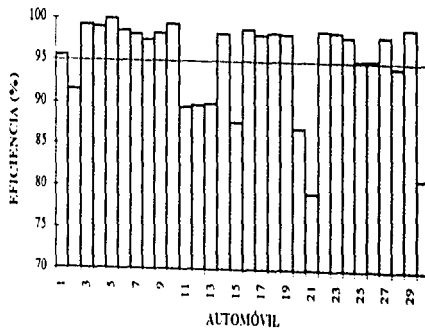


SRV's VACÍO CINCINERADOR "A"	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Glia 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Cuayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hilari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

GRÁFICO 8. EFICIENCIA DEL SRV's VACÍO CINC.

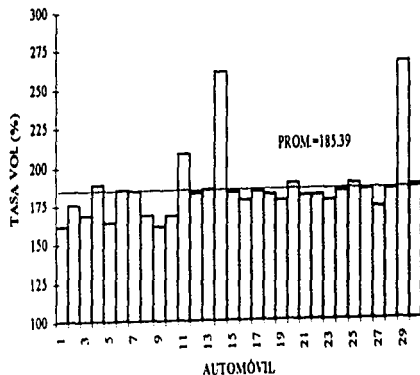
"A"

PROM.=95.03



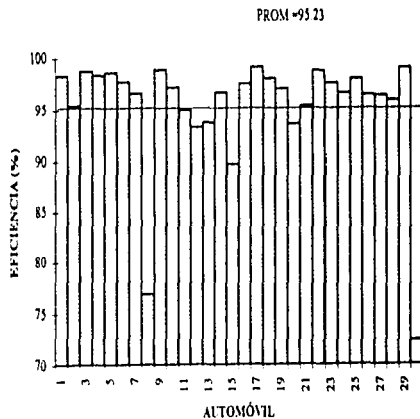
SRV's VACIO CINCINERADOR "B"	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Glia 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Sprint 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Chrb 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakuru 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hilari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

GRÁFICO 9. TASA VOL. DEL SRV's VACÍO C/INC
"B"



SRV's VACIO CINCINERADOR "B"	
No. Automóvil	Marca Mod. Comb.
1	Ford Thund. 92
2	Nissan Tsuru 92
3	Ford Gha 92
4	GM Cavalier 92
5	VW Jetta 92
6	VW Golf 92
7	Chry. Spirit 92
8	VW Sedán 92
9	GM Cutlass 92
10	Ford Topaz 92
11	Ford Fairmont 79
12	VW Combi 91
13	Jeep 84
14	Dodge Club 87
15	VW Sedán 91
16	Chry. Shadow 89
17	Chry. Volare K 86
18	VW Golf 88
19	VW Jetta 90
20	Nissan Sakura 88
21	Ford Topaz 90
22	Chry. New Yorker 90
23	VW Caribe 86
24	Dodge Guayin 80
25	Nissan Tsuru II 88
26	Chry. Dart 77
27	Nissan Hikari 89
28	GM Blazer 93
29	Chry. Magnum 84
30	Nissan Pick-up 88

**GRÁFICO 10. EFICIENCIA DEL SRV's VACÍO
C/INC. "B"**



5.2 TASA VOLUMÉTRICA

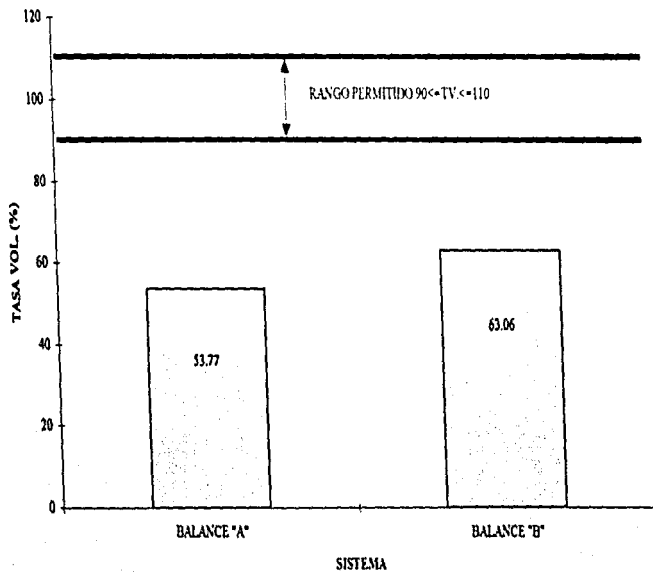
Enseguida se desglosa el análisis de tasa volumétrica por principio de operación para los SRV's de balance "A" y "B", asistido por vacío sin incinerador y asistidos por vacío con incinerador "A" y "B" correspondientemente.

5.2.1 SISTEMAS DE BALANCE

Los SRV's tipo balance "A" y "B" presentaron un comportamiento similar por lo cual se hablará de ellos en forma simultánea. Estos sistemas tuvieron valores muy dispersos de tasa volumétrica (TV), tal como lo muestran los gráficos 1 y 3. Este comportamiento es corroborado por un sencillo análisis estadístico, del cual se obtuvieron coeficientes de variación superiores al 50 % (tabla 22), dicho parámetro proporciona una medida de la dispersión de los resultados obtenidos, así como de la irregularidad en el funcionamiento de este tipo de sistemas. Por otro lado, los SRV's tipo balance tuvieron una tasa volumétrica promedio de 53.77 y 63.06 % (tabla 22) respectivamente, dichos valores reportados no cumplen con los requerimientos establecidos por la NOM-092-ECOL-1995⁽¹⁶⁾ para lo cual es necesario tener un mínimo de 90 % de TV, ver gráfico 11.

TABLA 22. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TASA VOLUMÉTRICA DE LOS SRV'S DE BALANCE			
SISTEMA	PROM. (%)	DESV. STD	COEF. DE VAR.
BALANCE "A"	53.77	30.91	57.49
BALANCE "B"	63.06	31.55	50.03

GRÁFICO 11. TASA VOL. PROM. DE LOS SRV's DE BALANCE

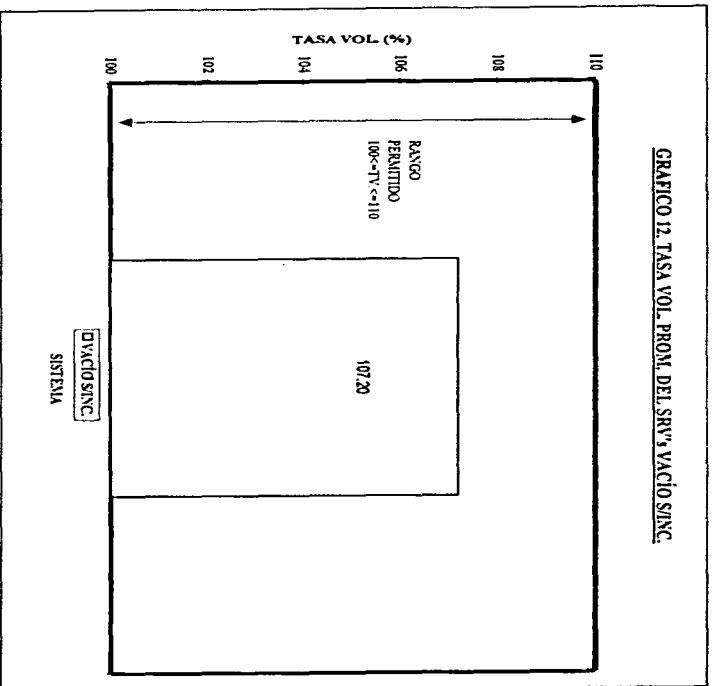


5.2.2 SISTEMA ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR

Este sistema presentó un comportamiento uniforme de tasa volumétrica con un coeficiente de variación de 1.61 % (tabla 23). Cabe hacer notar que aunque el vehículo que tuvo mayor dispersión fue el No. 27, el cual mostró una desviación media de 5.97 % mayor respecto al promedio (tabla 23) del sistema, dicho valor no influyó significativamente en los resultados globales. El promedio obtenido fue de 107.20 %, por lo que este sistema si cumple con los requerimientos establecidos en la NOM-092-ECOL-1995⁽¹⁶⁾, ver gráfico 12.

TABLA 23. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TASA VOLUMÉTRICA DEL SRV'S VACÍO SIN INCINERADOR			
SISTEMA	PROM. (%)	DESV. STD	COEF. DE VAR.
VACÍO S/INC.	107.20	1.72	1.61

GRAFICO 12. TASA VOL. PROM. DEL SRV'S VACIO SINC.



5.2.3 SISTEMAS ASISTIDOS POR VACÍO CON INCINERADOR

El SRV's vacío con incinerador "A" presentó un comportamiento irregular, esto se puede visualizar en el gráfico 7, donde se muestra una fuerte dispersión de datos principalmente en los vehículos 8, 13, 14, 15, 27 y 29 (quinta parte de la flotilla vehicular evaluada), estos vehículos tuvieron tasas volumétricas fuera del rango establecido por la NOM-092-ECOL-1995⁽¹⁶⁾, de los cuales la mayor desviación media fue de 61.54 % respecto al promedio, mostrado por el vehículo 27. En general, este sistema obtuvo un coeficiente de variación de tasa vol. de 23.87 % (ver tabla 24), lo cual ratifica lo anteriormente descrito.

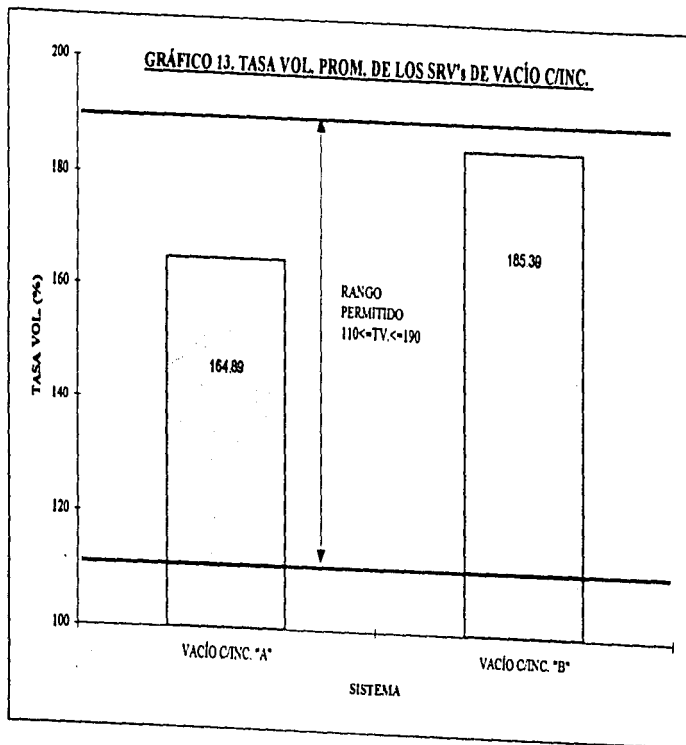
El SRV's vacío con incinerador "A" aún con las desviaciones presentadas en su comportamiento mantuvo un promedio de 164.89 %, (ver gráfico 13). Por lo anterior, este sistema cumple con los requerimientos establecidos en la norma antes mencionada, pero es posible que llegue a tener posibles fallas en su funcionamiento originado en sus componentes de succión.

El SRV's vacío con incinerador "B" presentó un comportamiento más regular que el sistema "A" con tan solo dos vehículos (14 y 19) que presentaron valores de tasa volumétrica fuera del rango permitido para los SRV's asistidos por vacío, con una desviación media de 42 % con respecto al promedio obtenido para dicho sistema. Este SRV's tuvo un coeficiente de variación de tasa vol. de 12.25 %, valor que es considerablemente menor que el obtenido por el sistema "A" (23.87 %).

En general el SRV's vacío con incinerador "B" cumplió con los requerimientos especificados por la NOM correspondiente ya que su tasa volumétrica promedio fue de 185.39 % (ver gráfico 13). Por otro lado es importante mencionar que su valor

promedio está muy cercano al límite superior del rango permitido, por lo que se debe tener presente este punto para que el funcionamiento del sistema se mantenga dentro los límites establecidos para este tipo de sistemas.

TABLA 24. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TASA VOLUMÉTRICA DE LOS SVV'S VACÍO CON INCINERADOR			
SISTEMA	PROM. (%)	DESV. STD	COEF. DE VAR.
VACÍO "A"	164.89	39.37	23.87
VACÍO "B"	185.39	22.70	12.25



5.3 EFICIENCIA

Enseguida se presenta el análisis de eficiencia por principio de operación para los SRV's de balance "A" y "B", asistido por vacío sin incinerador y asistidos por vacío con incinerador "A" y "B" correspondientemente.

5.3.1 SISTEMAS DE BALANCE

Los SRV's tipo balance "A" y "B" tuvieron en cuanto a eficiencia un comportamiento análogo al que presentaron en tasa volumétrica, esto es, una marcada irregularidad en sus resultados que se refleja en el elevado coeficiente de variación, esto representa la inadecuada operación de los mismos.

En lo que respecta a los promedios obtenidos, se observa que ambos sistemas no cumplen con el mínimo requerido (90%) por la NOM-092-ECOL-1995⁽¹⁶⁾, ver gráfico 14.

TABLA 25. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EFICIENCIA DE LOS SRV'S DE BALANCE			
SISTEMA	PROM. (%)	DESV. STD	COEF. DE VAR.
BALANCE "A"	49.20	31.72	64.47
BALANCE "B"	57.89	22.49	38.86

5.3.2 SISTEMA ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR

El SRV's vacío sin incinerador presentó en cuanto a eficiencia excelentes resultados, ya que no tuvo variaciones significativas en dicho parámetro a lo largo de toda la evaluación, con un coeficiente de variación de 3.32 %. Esto concuerda a su vez con los resultados obtenidos para este sistema en cuanto a tasa volumétrica. Por otro lado, solo cuatro evaluaciones tuvieron una eficiencia ligeramente menor al límite permitido por la Norma⁽¹⁶⁾, estos son los vehículos 14, 24, 27 y 30. En resumen, el SRV's vacío sin incinerador tuvo una eficiencia promedio de 94.99 %, cumpliendo con las especificaciones establecidas, ver gráfico 14.

TABLA 26. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EFICIENCIA DEL SRV'S VACÍO SIN INCINERADOR

SISTEMA	PROM. (%)	DESV. STD	COEF. DE VAR.
VACÍO S/INC.	94.99	3.16	3.32

5.3.3 SISTEMAS ASISTIDOS POR VACÍO CON INCINERADOR

Los resultados de eficiencia para el SRV's vacío con incinerador "A" presentaron ciertas fluctuaciones respecto al promedio de 95.03 %, ya que su coeficiente de variación fue de 5.75 %. En general el sistema cumplió con los requerimientos establecidos del 90 % de eficiencia; sin embargo hay que mencionar que los automóviles 12, 15, 20, 21 y 30 tuvieron eficiencias menores al mínimo establecido.

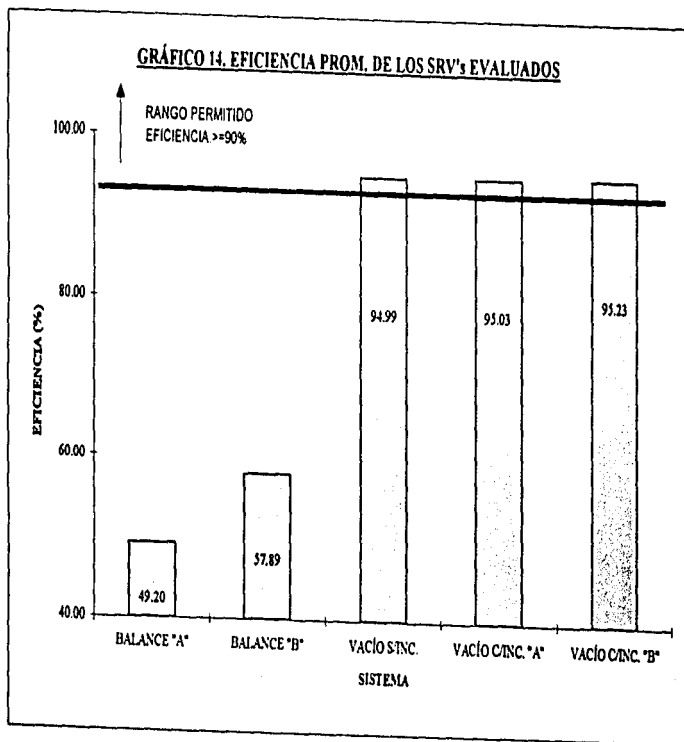
De igual forma, el SRV's vacío con incinerador "B" tuvo las mismas características que el tipo "A". Los automóviles 14, 24, 27 y 30 presentaron valores menores al 90 %, pero esto no influyó para que el sistema cumpliera con lo establecido en la NOM-092-ECOL-1995⁽¹⁶⁾, presentando un promedio de 95.23 %.

La siguiente tabla muestra un resumen del análisis estadístico para ambos sistemas.

TABLA 27. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EFICIENCIA DE LOS SRV'S VACÍO CON INCINERADOR			
SISTEMA	PROM. (%)	DESV. STD	COEF. DE VAR.
VACÍO "A"	95.03	5.46	5.75
VACÍO "B"	95.23	5.90	6.20

A continuación se presenta un gráfico que ilustra los promedios de eficiencia de los SRV's evaluados con las especificaciones establecidas⁽¹⁶⁾.

GRÁFICO 14. EFICIENCIA PROM. DE LOS SRV's EVALUADOS



CONCLUSIONES

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México se caracteriza por su intensa actividad industrial y vehicular, lo cual provoca la utilización de grandes cantidades de combustible. Los hidrocarburos contenidos en las gasolinas de uso diario se distinguen por su alta volatilidad en su estado natural, estos combustibles en su manejo y distribución emiten libremente a la atmósfera cantidades considerables de vapores, los cuales son elementos reaccionantes precursores directos en la formación de ozono, contaminante característico de ésta región del país.

Una de las principales aportaciones que se han hecho para aminorar la emisión de vapores de gasolina al medio ambiente es el desarrollo de los Sistemas de Recuperación de Vapores. Debido al esfuerzo de las autoridades, se ha elaborado la normatividad y la infraestructura necesaria para la implementación de éstos sistemas en México.

Un paso imprescindible para la posterior instalación de los SRV's es la evaluación de los mismos, esto consiste en determinar ciertos parámetros que permiten verificar si los sistemas cumplen con los propósitos de control de vapores en estaciones de servicio establecidos en la NOM-ECOL-092-1995 y la NOM-ECOL-093-1995.

El estudio realizado en el presente trabajo consistió en evaluar y analizar los parámetros de tasa volumétrica y eficiencia de los siguientes Sistemas de Recuperación de Vapores: de balance ("A" y "B"), asistidos por vacío con incinerador ("A" y "B") y un asistido por vacío sin incinerador.

Los resultados obtenidos de los SRV's de balance "A" y "B" permiten establecer que éstos sistemas no son aptos para su instalación en México, esto se explica en base a que el principio de operación del mismo requiere necesariamente un sello hermético entre el "boot" y la bocatomía del vehículo para lograr un balance entre la descarga de gasolina y la entrada de vapor al sistema. En la evaluación de estos sistemas no se logró dicho sello ya que el parque vehicular utilizado y en general el de todo el país no cuenta con el tipo de bocatomía necesario, debido a la gran variedad en el tipo, posición e inclinación de esta última en los diferentes modelos y marcas de automóviles, lo que impide el correcto funcionamiento de los SRV's de balance.

Del SRV's asistido por vacío sin incinerador se obtuvieron resultados, satisfactorios, es decir, los parámetros de tasa volumétrica como de eficiencia, se ubicaron dentro de los límites de aprobación para este tipo de sistemas. En general el método de evaluación fue bastante confiable.

Por último, de los SRV's asistido por vacío con incinerador "A" y "B" se obtuvieron resultados satisfactorios, es decir, se determinaron los más altos promedios de todos los SRV's evaluados. De manera semejante, su método de evaluación fue muy confiable.

A manera de comparación de los SRV's evaluados, cabe resaltar que los sistemas de balance presentan un obstáculo difícil de salvar para su instalación, debido a que se necesita para ello estandarizar en el país el diseño y construcción de la bocatomía de los vehículos automotores, de tal forma que permitieran el buen funcionamiento del sistema. Por otro lado, la mejor alternativa por el momento y en base a los resultados obtenidos, es instalar previa evaluación en laboratorio los SRV's asistidos por vacío

con y sin incinerador, ya que en su funcionamiento no influye ningún factor geométrico de la bocatoma que impida el adecuado funcionamiento de los mismos.

Actualmente la tecnología empleada en materia de recuperación de vapores es relativamente nueva en el país, por lo cual es seguro que en un futuro próximo aparezcan nuevos Sistemas de Recuperación de Vapores de gasolina, así como también se desarrollen los ya existentes, por lo que será necesario evaluarlos previamente antes de su instalación, además se recomienda llevar las evaluaciones al lugar de operación de los mismos, es decir, efectuar evaluaciones "in-situ", pues como es normal todo equipo tiende a disminuir su eficiencia en función del tiempo, lo que permitiría un monitoreo periódico de su adecuado funcionamiento, y de esta manera obtener una mejor calidad ambiental del aire de la Ciudad de México, que alguna vez recibió el calificativo de la ciudad más transparente del país.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Perkins, Henry Crawford, Air Pollution. Mc. Graw Hill. Kogakusha, Japan, 1974.
- (2) Instituto Mexicano del Petróleo, Programa integral contra la contaminación atmosférica; un compromiso común. México D.F.: IMP, 1991.
- (3) Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México. Estudio realizado para el Instituto Mexicano del Petróleo. La contaminación atmosférica en el Valle de México: acciones para su solución y control 1988-1994.. México D.F.: IMP, 1994.
- (4) Reporte anual sobre la calidad del aire en la Ciudad de México. Comisión Metropolitana para la prevención y control de la contaminación ambiental en el Valle de México. México D.F., 1992.
- (5) Strauss, W.S.J Mainwaring, Contaminacion del aire; causas, efectos y soluciones. United Nations, 1991, New York, U.S.A.
- (6) Who. Air Quality Guidelines for Europe, World Health Organization Regional Office for Europe, Copen Hagen, Whp, Regional Publications, European Series, No. 123. U.S.A. 1987.
- (7) Last, J.A, Biochemical and Cellular Interrelationships in the Development of Ozone-Induced Pulmonary Fibrosis. Health Effects Institute. National Academy of Sciences, U.S.A. 1988.
- (8) Gilbreath Rich, Janiece, Air Pollution in México City. Austin, Texas, U.S.A. 1989.
- (9) Warner, Pete O., Análisis de la contaminación en el aire. Mc. Graw Hill. México D.F., 1981.
- (10) Kenneth Wark. Cecil F. Warner, Contaminación del aire. Limusa, México D.F., 1994.
- (11) R.D. Ross, La industria y la contaminación del aire, Diana, México D.F., 1974.

- (12) Japan International Cooperation Agency, The study the air pollution control plan stationary sources in the metropolitan area of Mexico City. México D.F., 1991.
- (13) Instituto Mexicano del Petróleo, Comisión Metropolitana para la Prevención de la Contaminación Ambiental en el Valle de México. Estadística básica del comportamiento de los contaminantes en la atmósfera de la zona metropolitana de la Ciudad de México periodo 1987-1994. México D.F., abril 1995.
- (14) La contaminación atmosférica en México, sus causas y efectos en la salud, México D.F., 1992.
- (15) NOM-092-ECOL-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 autoconsumo, ubicadas en el Valle de México. Diario Oficial de la Federación, septiembre 6, 1995.
- (16) NOM-093-ECOL-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 de autoconsumo Diario Oficial de la Federación, septiembre 6, 1995.
- (17) Método de prueba para Sistemas de Recuperación de Vapores para la Republica Federal de Alemania, reporte final del TÜV Rheinland, sobre el proyecto de investigación No. 10408508 de la Procuraduría Federal del Medio Ambiente de Alemania.
- (18) "Gasoline Facilities Phase I & II". Complicance Assistance Program. California Air Resources Board. Complicance Division, October 1988.
- (19) Efficiency Evaluation of Several Vapor Recovery System for Service Stations in Mexico City, Primera conferencia y exposición para la purificación del aire y las oportunidades comerciales; 26 al 30 de septiembre, Toronto, Canadá, 1994.
- (20) "Especificaciones generales para proyecto y construcción de estaciones de servicio", PEMEX-Refinación, diciembre 1994.

- (21) Norma AVIII-30. "Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico en las instalaciones de las terminales, agencias de ventas y ductos de transporte". Norma de seguridad editada por PEMEX-Refinación, México D.F.: 1987.
- (22) Folleto de seguridad para manejo de autotanques, editado por PEMEX-Refinación
- (23) Petroleos Mexicanos. "Criterio normativo de diseño de áreas de almacenamiento, tanques atmosféricos verticales"., México D.F: PEMEX-Refinación. 1987.
- (24) Instituto Mexicano del Petróleo, "Informe técnico de la evaluación de Sistemas de Recuperación de Vapores de gasolina Fase II". (IMP), agosto 1993.
- (25) Departamento del Distrito Federal-Secretaría de Ecología del Estado de México, "Convocatoria para aprobar los Sistemas de Recuperación de Vapores asistidos por vacío que serán instalados en las estaciones de servicio de la zona metropolitana de la Ciudad de México"., 2 de Junio, 1994.
- (26) California Air Resources Board, Proposed TP-201 2A "Determination vehicle matrix for phase II Vapor Recovery Systems of Dispensing Facilities". U.S.A.: CARB. October 16, 1992.
- (27) Environmental Protection Agency. Standards of Performance for New Stationary Sources Bulk Gasoline Terminals. Final Rule, 40 Cfr part, 60, (Adfr1-224-6) Federal Register Vol. 48, No.161 August 18, 1983.
- (28) California Code of Regulation, Rule 461: "Gasoline Transfer And Dispensing". July 7, 1989.
- (29) Petróleos Mexicanos, "Proyecto de norma para diseño, construcción, operación, seguridad y mantenimiento de estaciones de servicio", México D.F.: PEMEX-Refinación. Agosto 16, 1994.
- (30) Environmental Protection Agency, Method 2B: "Determination of exhaust Gas volumen rate from gasoline vapor Incinerators", 40 CFR Part 60, Appendix A, July 1th, 1992.

- (31) California Air Resources Board, Proposed TP-205.2: "Determination of Efficiency of Phase II Vapor Recovery Systems of Novel Facilities", U.S.A.: CARB, October 1992.
- (32) Environmental Protection Agency, Method 2A: "Direct measurement of gas volume through pipes and small ducts". 40 CFR Part 60. Appendix A, July 1th, 1992.
- (33) Instituto Mexicano del Petróleo, Manual de operación del módulo de investigación para estaciones de servicio del IMP. México D.F.: IMP. Agosto 1993.
- (34) California Air Resources Board, Proposed TP-201.3, TP-201-3a and TP-201.4: "Certification Procedure and Test Procedures for Vapor Recovery Systems". U.S.A.: CARB. October 1992.
- (35) California Air Resources Board, Proposed TP-201.2 "Determination (Excluding Fugitive Emissions) of Efficiency of Phase II Vapor Recovery Systems of Dispensing Facilities". U.S.A.: CARB. October 16, 1993.
- (36) Instituto Mexicano del Seguro Social; Subdirección General Médica; Jefatura de Servicios de Medicina del Trabajo. México D.F.: IMSS. 1986.
- (37) Periódico Novedades, Karina Cuevas. "Uno de Cada Mil Litros se Evapora". 13 de mayo de 1996.
- (38) Instituto Mexicano del Petróleo, Estudio Técnico Económico de Rentabilidad de Sistemas de Recuperación de Vapores para Terminales de Almacenamiento y Distribución de Productos Petrolíferos. México, D.F. 1995.

ANEXO 1

ANEXO 1

NOMENCLATURA

ZMCM:	Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
IMP:	Instituto Mexicano del Petróleo.
PEMEX:	Petróleos Mexicanos.
DDF:	Departamento del Distrito Federal.
DE:	Dirección de Ecología (del DDF).
SEEM:	Secretaría de Ecología del Estado de México.
SEDESOL:	Secretaría de Desarrollo Social.
SEMARNAP:	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
TÜV:	Instituto Alemán de Investigaciones para Estudio y Prevención del Ambiente y la Energía.
EUA:	Estados Unidos de América.
CARB:	California Air Resources Board.
EPA:	Environmental Protection Agency.
PEI:	Petroleum Equipment Institute.
NOM:	Norma Oficial Mexicana.
ECOL:	Ecológica (referido a las NOM's).
NIST:	National Institute of Standards and Technology.
SRV's:	Sistema de Recuperación de Vapores.
COV's:	Compuestos Orgánicos Volátiles.
HC's:	Hidrocarburos.
"in-situ":	En el lugar, en el sitio.
"boot":	Capturador de vapores.
"bypass":	Arreglo de accesorios y válvulas para desviar algún flujo.
ETA:	Eficiencia de recuperación de vapores de hidrocarburos en laboratorio.

E_B:	Emisiones básicas.
E_R:	Emisiones remanentes.
m_{HC}:	Masa de hidrocarburos.
TV:	Tasa volumétrica.
TP:	Test Procedure.
NO_x:	Óxidos de nitrógeno.
SO_x:	Óxidos de azufre.

ANEXO 2

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS:

NÚMERO	TÍTULO	PÁGINA
TABLA 1	CONTAMINANTES BÁSICOS DEL AIRE	6
TABLA 2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PIONA	21
TABLA 3	COMPONENTES PARA LA DESCARGA DE COMBUSTIBLE EN AUTOTANQUES	27
TABLA 4	COMPONENTES PARA LA RECUPERACIÓN DE VAPORES EN AUTOTANQUE	27
TABLA 5	COMPONENTES PARA EL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	34
TABLA 6	LISTA DE VEHÍCULOS PARA EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES	49
TABLA 7	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE I PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO	55
TABLA 8	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II PARA LA SECCIÓN DE RETORNO DE VAPORES AL AUTOTANQUE	56
TABLA 9	COMPONENTES BÁSICOS EN FASE II	57
TABLA 10	EQUIPO ADICIONAL PARA EL SRV'S VACÍO CON INCINERADOR	69
TABLA 11	DATOS REPRESENTATIVOS OBTENIDOS EN LABORATORIO PARA SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES	75
TABLA 12	RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV'S BALANCE "A"	80

TABLA 13	RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S BALANCE "A"	82
TABLA 14	RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV'S BALANCE "B"	84
TABLA 15	RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S BALANCE "B"	86
TABLA 16	RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV'S VACÍO SIN INC.	88
TABLA 17	RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S VACÍO SIN INC.	90
TABLA 18	RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV'S VACÍO CON INC. "A"	92
TABLA 19	RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S VACÍO CON INC. "A"	94
TABLA 20	RESULTADOS OBTENIDOS EN LABORATORIO DEL SRV'S VACÍO CON INC. "B"	96
TABLA 21	RESULTADOS FINALES DE LA EVALUACIÓN DEL SRV'S VACÍO CON INC. "B"	98
TABLA 22	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TASA VOLUMÉTRICA DE LOS SRV'S DE BALANCE	110
TABLA 23	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TASA VOLUMÉTRICA DEL SRV'S VACÍO SIN INCINERADOR	112
TABLA 24	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TASA VOLUMÉTRICA DE LOS SRV'S VACÍO CON INCINERADOR	115
TABLA 25	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EFICIENCIA DE LOS SRV'S DE BALANCE	117

		132
TABLA 26	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EFICIENCIA DEL SRV'S VACÍO SIN INCINERADOR	118
TABLA 27	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE EFICIENCIA DE LOS SRV'S VACÍO CON INCINERADOR	119

FIGURAS:

NÚMERO	TÍTULO	PÁGINA
FIG. 1	ORIGEN DE LAS EMISIONES EVAPORATIVAS EN EL VALLE DE MEXICO	134
FIG. 2	ESTANCAMIENTO DE CONTAMINANTES EN EL VALLE DE MEXICO	135
FIG. 3	CICLOS FOTOQUÍMICOS	136
FIG. 4	REACTIVIDAD DE HIDROCARBUROS RESPECTO AL NOX	137
FIG. 5	CICLO DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA	138
FIG. 6	EMISIONES DE VAPORES DE GASOLINA EN ESTACIONES DE SERVICIO SIN SRV'S	139
FIG. 7	CICLO DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y SUS FASES	140
FIG. 8	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES FASE I	141
FIG. 9	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES COAXIAL, FASE I	142
FIG. 10	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE DOS PUNTOS, FASE I	143
FIG. 11	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE DOS PUNTOS CON PROTECCIÓN DE SOBRELLENADO, FASE I	144
FIG. 12	COMPONENTES TÍPICOS DE SRV'S FASE II	145

FIG. 13	MÓDULO DE INVESTIGACIÓN PARA ESTACIONES DE SERVICIO	146
FIG. 14	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES TIPO BALANCE	147
FIG. 15	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES TIPO VACÍO SIN INCINERADOR	148
FIG. 16	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES TIPO VACÍO CON INCINERADOR	149
FIG. 17	LÍNEAS DE VAPOR DE GASOLINA PARA EL SRV'S TIPO VACÍO CON INCINERADOR	150
FIG. 18	ESQUEMA DE MANGUERA COAXIAL	151
FIG. 19	PISTOLAS DE DESPACHO	152
FIG. 20	ESQUEMA DEL MÉTODO Y PUERTO DE MUESTREO PARA CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS EN AUTOMÓVILES	153
FIG. 21	TANQUE DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO PARA ESTACIONES DE SERVICIO CON SRV'S	154
FIG. 22	CONEXIONES Y EQUIPO PARA PRUEBAS DE HERMETICIDAD	155

ANEXO 3

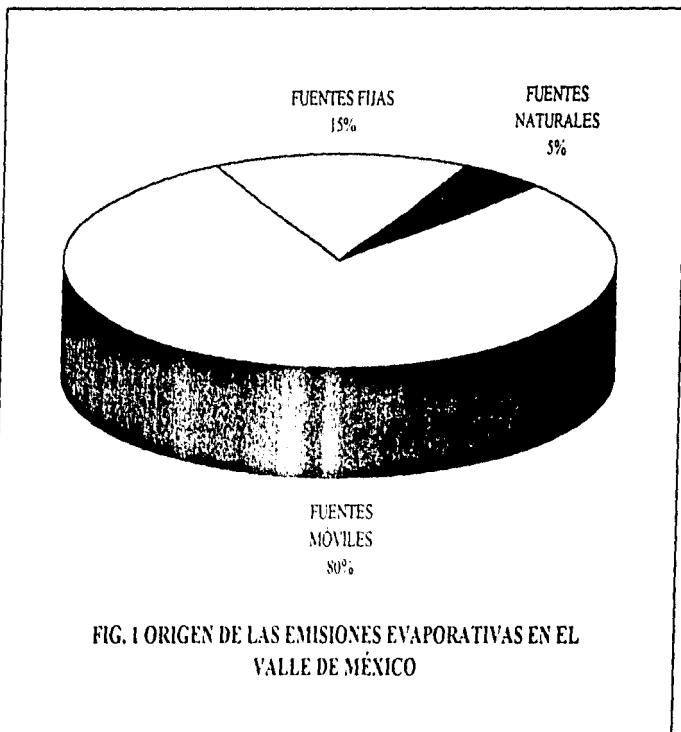
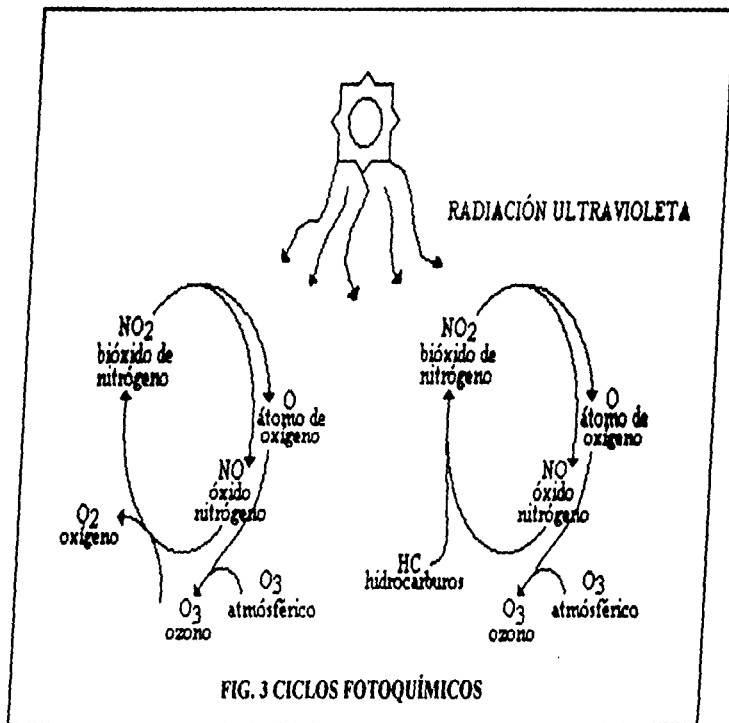


FIG. 1 ORIGEN DE LAS EMISIONES EVAPORATIVAS EN EL VALLE DE MÉXICO



FIG. 2 ESTANCAMIENTO DE CONTAMINANTES EN EL VALLE DE MÉXICO



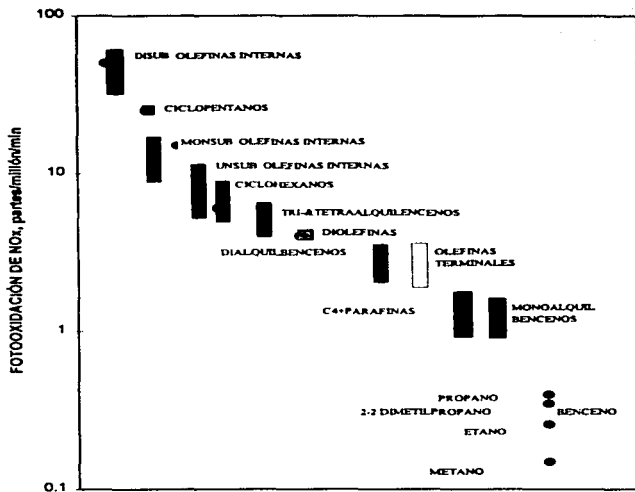
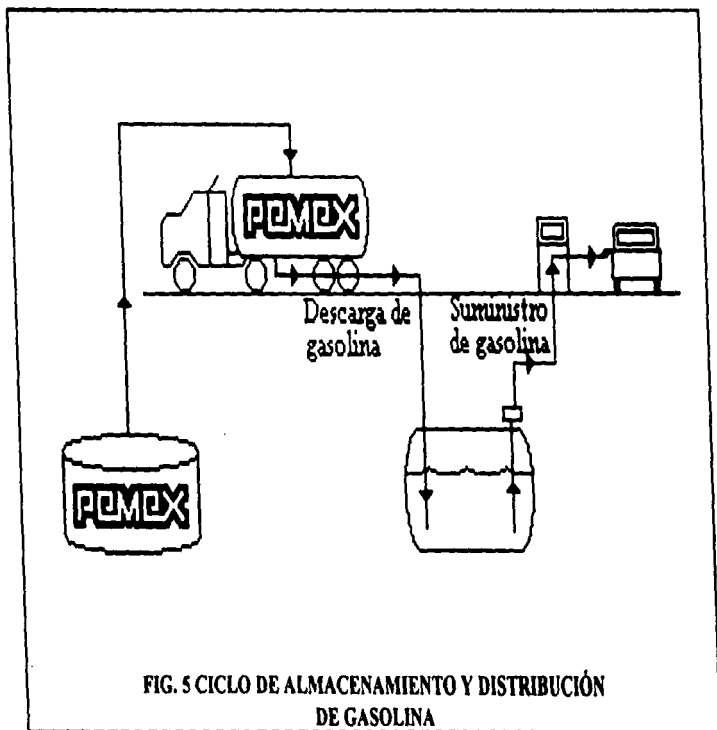


FIG. 4 REACTIVIDAD DE LOS HIDROCARBUROS RESPECTO A LOS NO_x



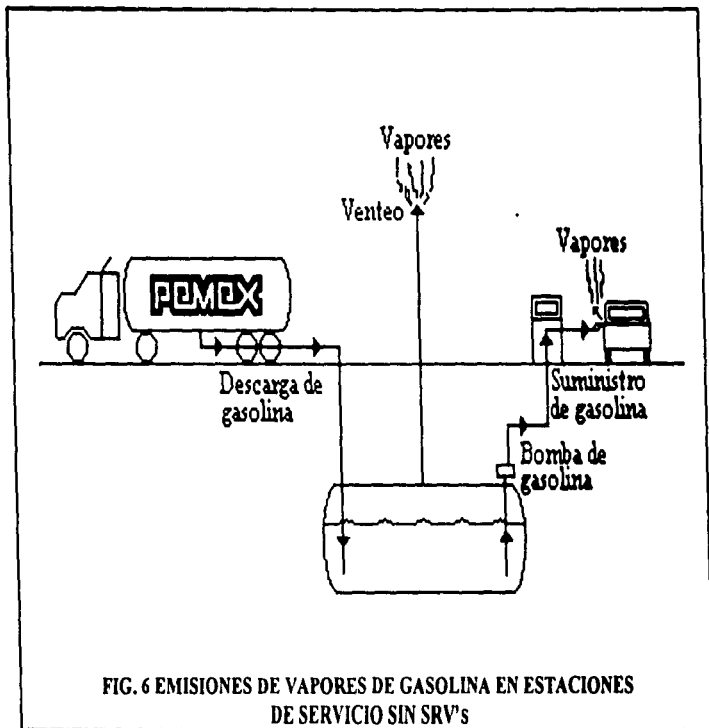
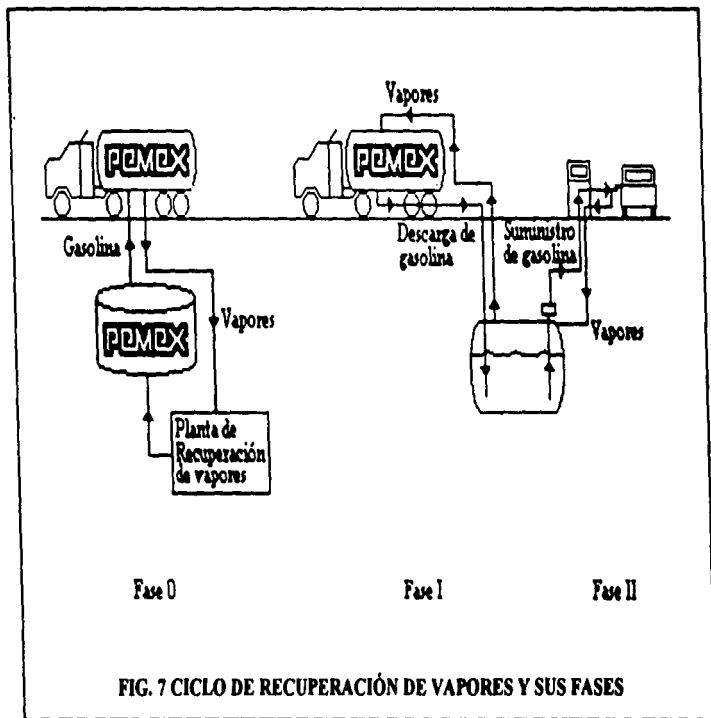


FIG. 6 EMISIONES DE VAPORES DE GASOLINA EN ESTACIONES DE SERVICIO SIN SRV's



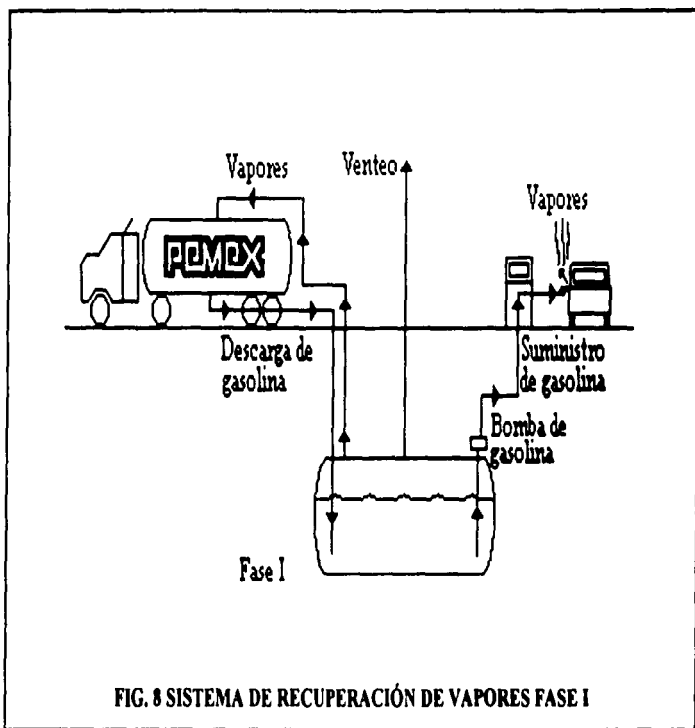
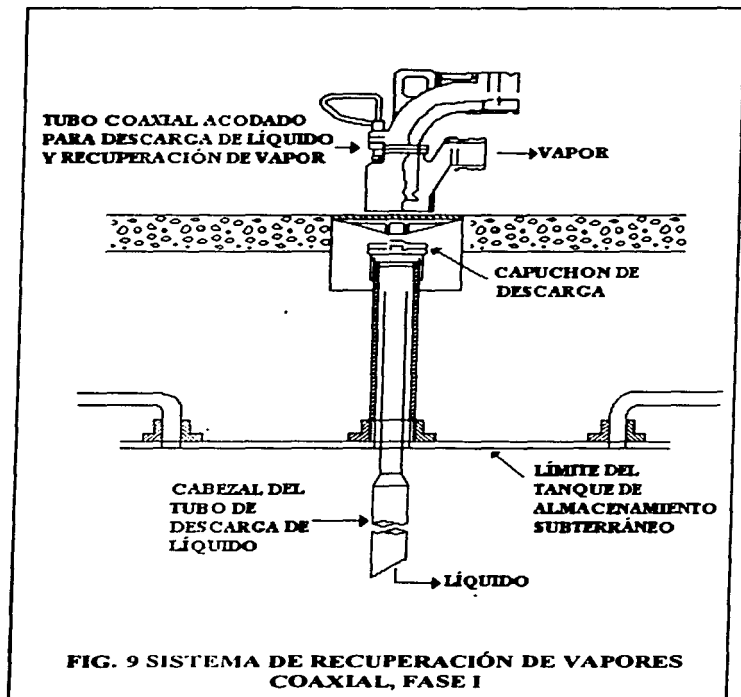
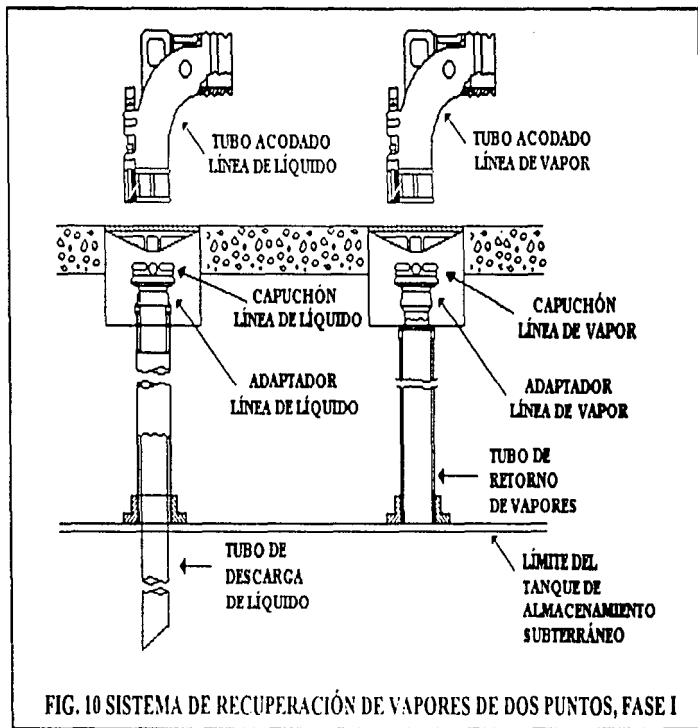
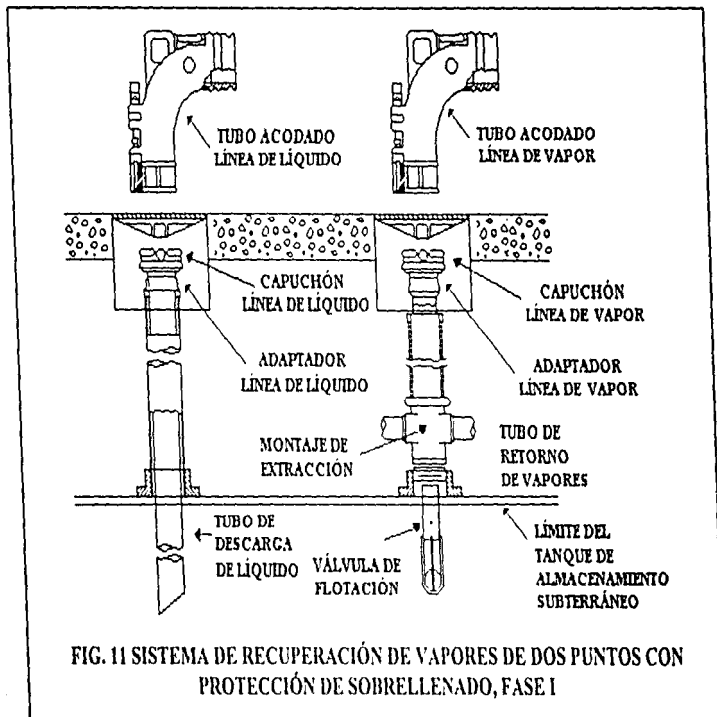
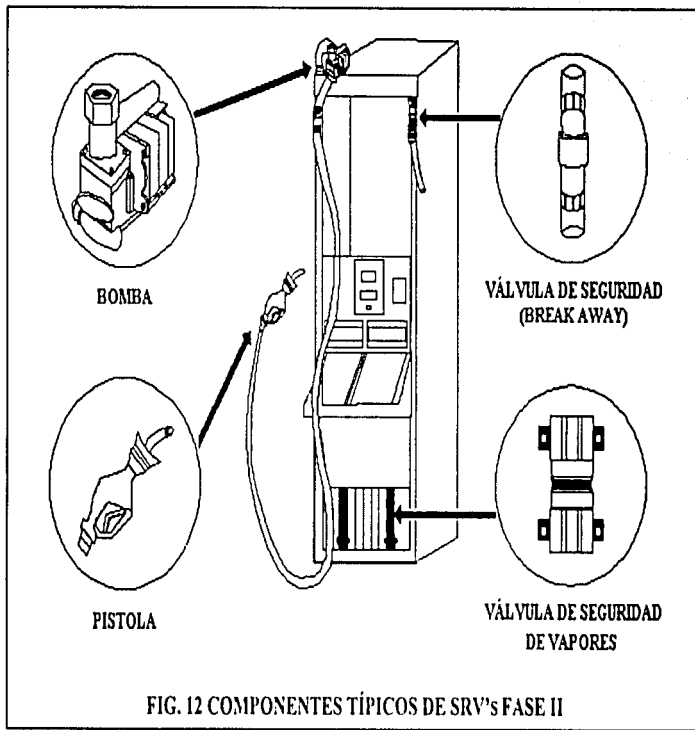


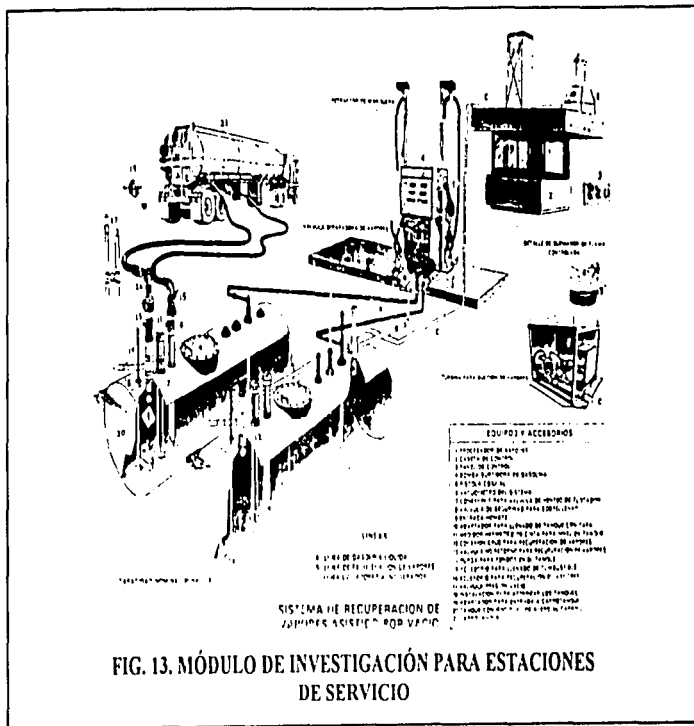
FIG. 8 SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES FASE I

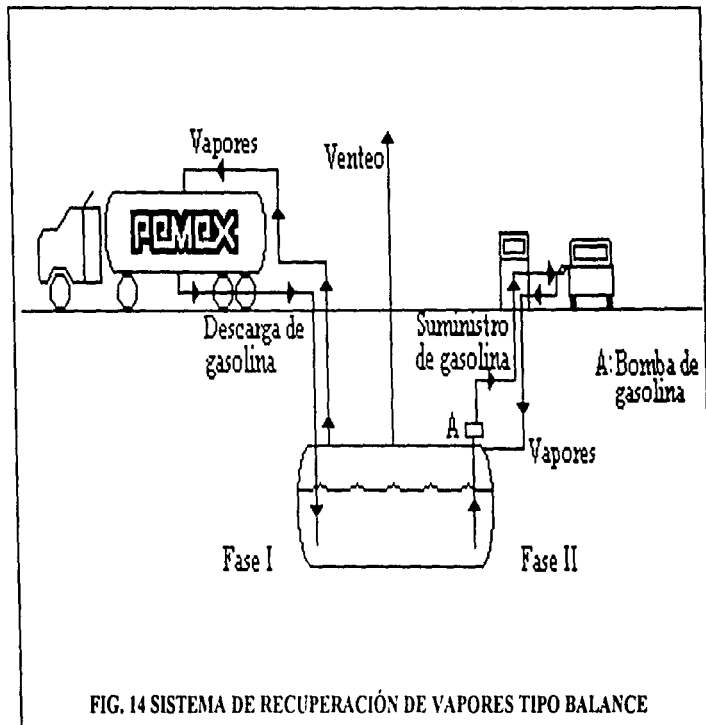


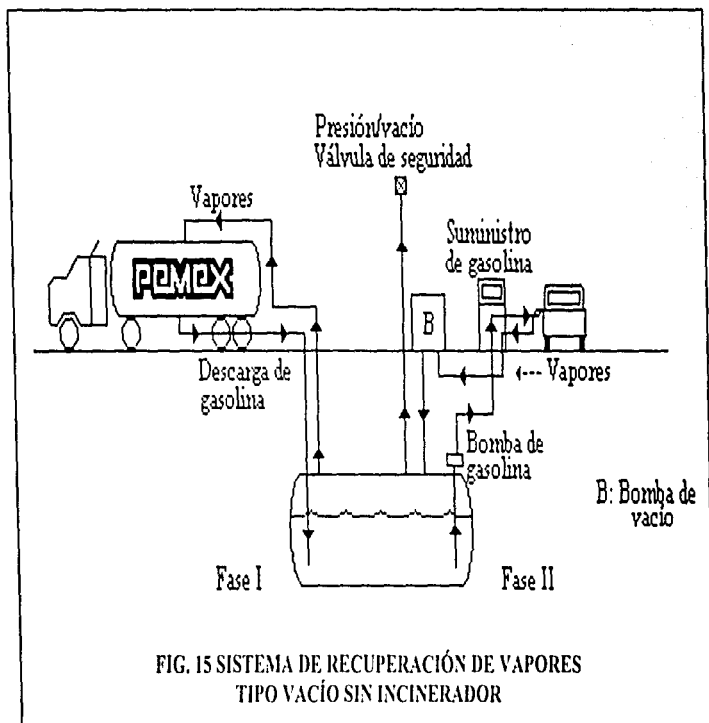


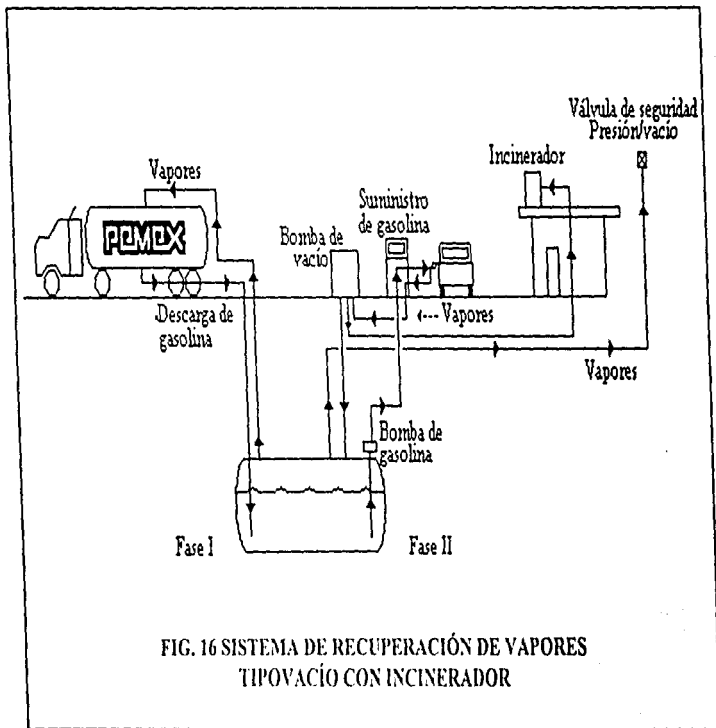












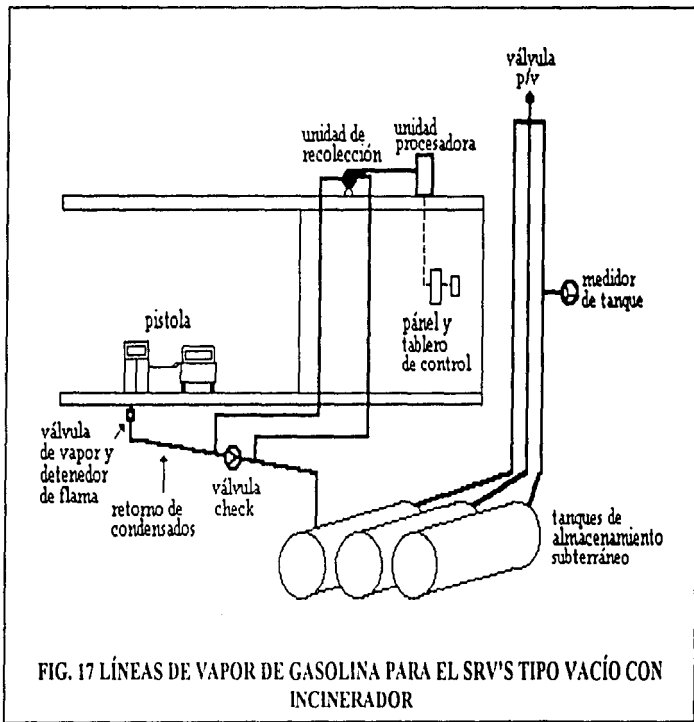
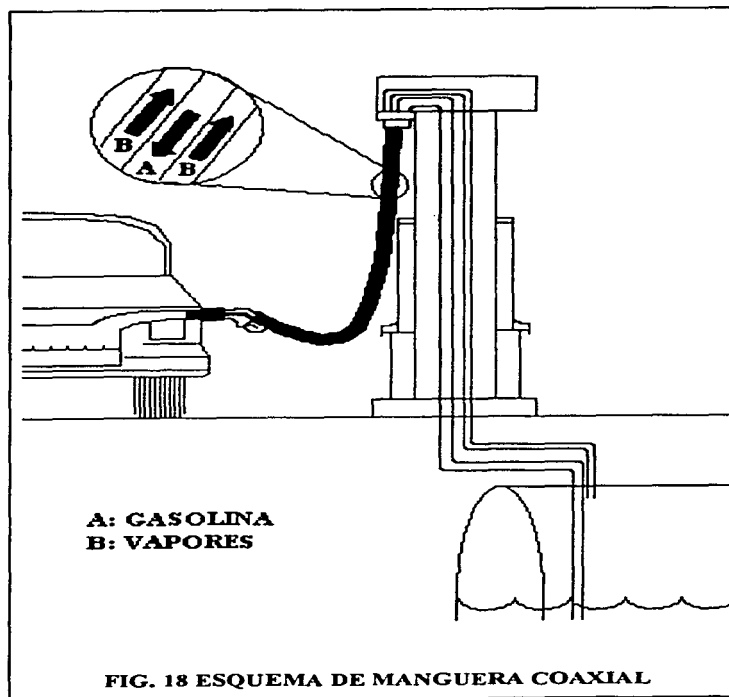


FIG. 17 LÍNEAS DE VAPOR DE GASOLINA PARA EL SRV'S TIPO VACÍO CON INCINERADOR



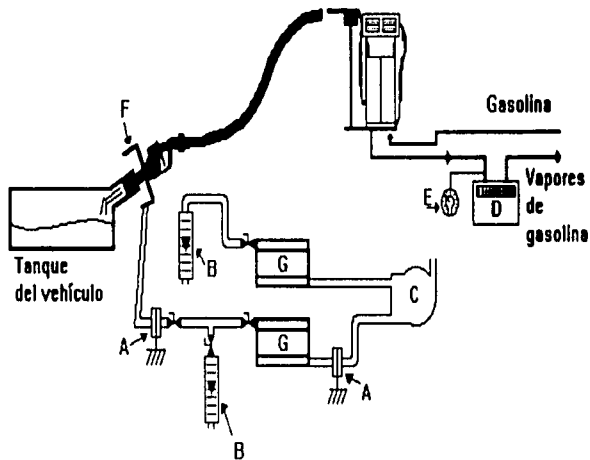


SISTEMA DE
BALANCE



SISTEMA
DE VACÍO

FIG. 19 PISTOLAS DE DESPACHO



EQUIPO:

A.- Arrestador de flama

D.- Gasómetro

G.- Adsorbedor

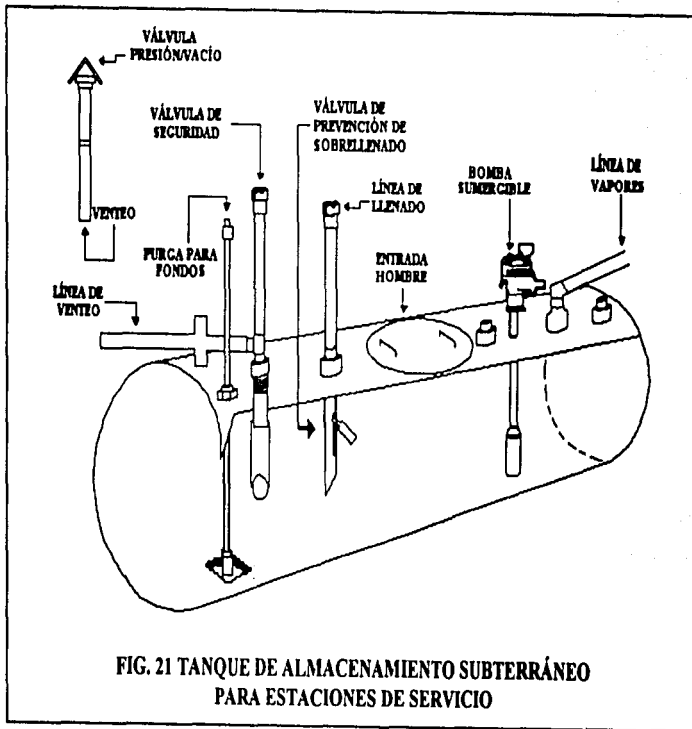
B.- Rotámetro

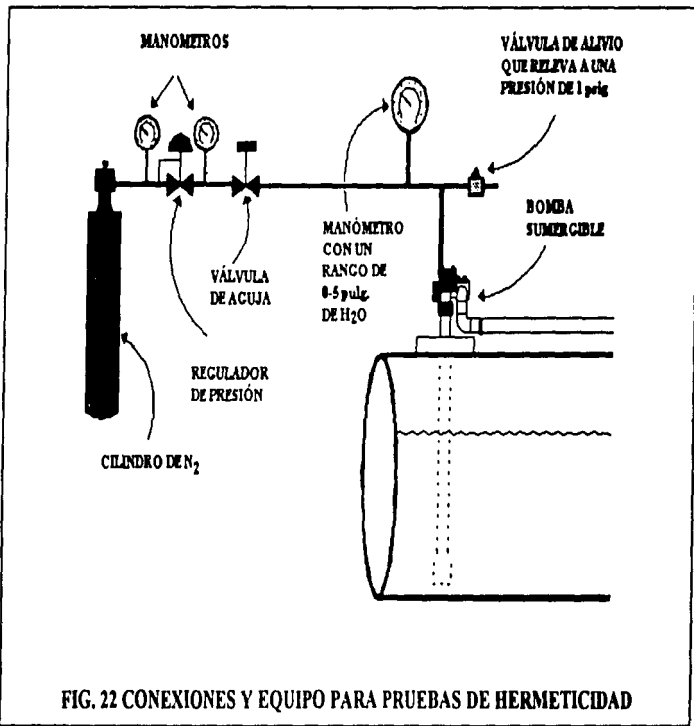
E.- Vacuómetro

C.- Ventilador radial

F.- Capturador de vapores

FIG. 20 ESQUEMA DEL MÉTODO Y PUERTO DE MUESTREO PARA CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES EVAPORATIVAS EN AUTOMÓVILES





ANEXO 4

GLOSARIO

Bronquio: cada una de las dos ramas principales de la tráquea y de las subdivisiones de las mismas.

Bronquitis: inflamación de la mucosa de los bronquios, catarro bronquial.

Bronquitis aguda: estado de curso breve y más o menos grave, debido a la acción del frío, a la inhalación de sustancias irritantes o a las enfermedades generales. Se caracteriza por fiebre, dolor en el pecho, especialmente al toser.

Bronquitis crónica: forma de larga duración, con tendencia mas o menos acentuada a las recidivas debido a ataques repetidos de bronquitis aguda o a enfermedades generales crónicas. Se caracteriza por acceso de tos, con expectoración unas veces escasa y otras abundante, y por cambios secundarios en los pulmones.

DNA: ácido desoxirribonucleico.

Emfisema: estado de un tejido distendido por gases, especialmente la presencia de aire en el tejido celular subcutáneo o pulmonar.

Epitelio: capa celular que cubre todas las superficies externas e internas del cuerpo y se caracteriza por estar formada principalmente de células de forma y disposición variables, sin sustancia intercelular ni vasos.

Fibrosis: formación de tejido fibroso. Degeneración fibroide (fibroma).

Fibroma: tumor benigno compuesto en su totalidad de fibras de tejido conectivo, llamado también fibroide.

Liposoluble: soluble a las grasas.

Peribronquial: situado o que ocurre alrededor de un bronquio.

Lixiviación: operación que consiste en hacer pasar un líquido, agua, alcohol, etc., a través de varias capas de una sustancia pulverizada, para obtener los principios solubles de ésta.