



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA.**

**ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN
DE VAPORES DE GASOLINA "IN SITU" EN LA
CIUDAD DE MÉXICO, MEDIANTE UN MUESTREO
ESTADÍSTICO**

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO QUÍMICO

Presenta n:

ACUÑA GONZALEZ GRACIELA

BARRERA MENDEZ SAMUEL GUADALUPE

ASESOR: VICTOR MANUEL GUERRERO GRAPAIN



Octubre 1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.


**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES *ZARAGOZA*
JEFATURA DE INGENIERIA QUIMICA
OF/082/028/97**

**C. Samuel Guadalupe Barrera Méndez
C. Graciela Acuña González
P r e s e n t e .**

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

- Presidente: I.Q. Miguel José Flores Galaz**
Vocal: I.Q. Victor Manuel Guerrero Grupáin
Secretario: I.Q. Raúl Ramón Mora Hernández
Suplente: I.Q. Martha Flores Becerril
Suplente: I.Q. Balbina Patricia García Aguilar

**A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 12 de Septiembre 1997**


**Ing. Magín Enrique Juárez Villar
Jefe de la Carrera**

AGRADECIMIENTOS

**UN AGRADECIMIENTO ESPECIAL:
A NUESTRO ASESOR,
ING. QUÍMICO VICTOR MANUEL GUERRERO GRAPAÍN**

**POR SUS CONSEJOS Y APOYO E IMPULSARNOS A FINALIZAR ESTE TRABAJO
Y POR DARNOS ÁNIMOS EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES.**

**GRACIAS A NUESTROS PADRES POR EL AMOR Y LA RESPONSABILIDAD QUE
NOS INFUNDIERON PARA CONTINUAR ADELANTE EN EL CAMINO PARA
ALCANZAR ÉSTA META; GRACIAS TAMBIÉN POR SUS ENSEÑANZAS, APOYO,
PACIENCIA Y DESVELOS; DIOS LOS GUARDE Y LOS BENDIGA.**

**A NUESTROS HERMANOS POR SU APOYO DURANTE TODO EL TRAYECTO DE
NUESTRAS VIDAS Y PORQUE JUNTOS HEMOS COMPARTIDO EXPERIENCIAS
QUE NOS HAN AYUDADO DURANTE TODO ESTE TIEMPO.**

**NUESTROS MÁS SINCEROS AGRADECIMIENTOS A TODAS AQUELLAS
PERSONAS QUE DIRECTA O INDIRECTAMENTE HICIERON POSIBLE EL
DESARROLLO DE ÉSTE TRABAJO AL BRINDARNOS SU AMISTAD, APOYO,
OPTIMISMO Y ANHELOS DE SUPERACIÓN.**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN
RESUMEN
OBJETIVOS

CAPITULO PRIMERO

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

	PAGINA
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 LA CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO	3
1.3 ACCIONES TENDIENTES A MEJORAR LA CALIDAD DEL AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO	4
1.3.1 ACCIONES GENERALES	4
1.3.2 NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM -092-ECOL 1995	6
1.3.2.1 OBJETIVOS Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
1.3.2.2 REQUISITOS, ESPECIFICACIONES Y PARÁMETROS	7
1.3.2.3 GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES	8
1.3.2.4 OBSERVANCIA DE ESTA NORMA	8
1.3.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE RECUPERACIÓN DE VAPORES INSTALADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO	9

CAPITULO SEGUNDO

ESTADÍSTICA INFERENCIAL (DISEÑO DE LA MUESTRA)

	PÁGINA
2.1 MUESTRAS Y POBLACIONES	12
2.1.1 RAZONES PARA EL MUESTRÉO	13
2.1.2 BASES TEÓRICAS DEL MUESTRÉO	14
2.1.3 TIPOS DE MUESTRÉO	15
2.1.3.1 MUESTRÉO ALEATORIO SIMPLE	15
2.1.3.2 MUESTRÉO ESTRATIFICADO	16
2.1.3.3 MUESTRÉO AGRUPADO O POR CONGLOMERADOS	16
2.1.3.4 MUESTRÉO SISTEMÁTICO	17
2.1.3.5 MUESTRÉO DOBLE Y MULTIPLE	17
2.1.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE MUESTRÉO	17
2.1.5 TEOREMA DEL LÍMITE CENTRAL	18
2.1.6 ESTIMACIÓN PUNTUAL Y POR INTERVALO DE CONFIANZA	18
2.1.6.1 ESTIMACIÓN DE LA MEDIA CUANDO NO SE CONOCE σ : LA DISTRIBUCIÓN T	20
2.1.7 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	21
2.1.8 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MUESTRA	25

CAPITULO TERCERO

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN "IN SITU" PARA SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA

	PÁGINA
3.1 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN	26
3.2 PRUEBA PARA DETERMINAR LA CAÍDA DE PRESIÓN	26
3.3 PRUEBA DINÁMICA DE CONTRAPRESIÓN	29
3.4 PRUEBA DE BLOQUEO	32
3.5 PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA	33
3.5.1 FLOTILLA VEHICULAR	34
3.5.2 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 1	34
3.5.3 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 2	36
3.5.4 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 3	37
3.5.5 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 4	39
3.5.6 PARÁMETROS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y DE LA TASA VOLUMÉTRICA	41

CAPITULO CUARTO

EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO

PÁGINA

4.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA OBTENER LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y LA TASA VOLUMÉTRICA	43
4.1.1 CÁLCULO DE LA TASA VOLUMÉTRICA	43
4.1.2 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES	43
4.1.3 PRESENTACIÓN DE LOS VALORES DE EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y TASA VOLUMÉTRICA PARA LAS 4 ESTACIONES DE SERVICIO	45
4.2 CÁLCULO DE LA MEDIA DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES TANTO DE MANERA PUNTUAL COMO POR INTERVALO DE CONFIANZA	53
4.2.1 MEDIA PUNTUAL	53
4.2.2 LA MEDIA MEDIANTE UN INTERVALO DE CONFIANZA	54
4.3 CÁLCULO DE LA MEDIA DE LA TASA VOLUMÉTRICA TANTO DE MANERA PUNTUAL COMO POR INTERVALO DE CONFIANZA	56
4.3.1 MEDIA PUNTUAL	56
4.3.2 LA MEDIA MEDIANTE UN INTERVALO DE CONFIANZA	57
4.4 RESUMEN DE LAS MEDIAS COMPARADAS CON LOS LÍMITES PERMISIBLES EN LA ZONA A METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO	58
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	59

PÁGINA

CONCLUSIÓN	60
ANEXOS:	
ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS	61
ANEXO 2. NOMENCLATURA	64
ANEXO 3. PERCENTILES DE LA DISTRIBUCIÓN t	65
ANEXO 4. RELACIÓN DE TABLAS	66
ANEXO 5. RELACIÓN DE FIGURAS	67
ANEXO 6. NÚMEROS ALEATORIOS	68
BIBLIOGRAFÍA	69

INTRODUCCIÓN

Sin duda uno de los mayores retos en la Ciudad de México es la problemática ambiental, consecuentemente es necesario una participación plural de la población para hacer frente a esta situación que tanto aqueja a ésta la Ciudad mas grande del mundo

Como es sabido los contaminantes presentes en la atmósfera provienen tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles. Dentro de las fuentes fijas, las estaciones de servicio (gasolineras) contribuyen significativamente en el deterioro de la calidad del aire, ya que las maniobras de carga y descarga de gasolina en dichas estaciones generan emisiones de compuestos orgánicos volátiles, mismos que en presencia de la luz solar participan en reacciones complejas con los oxidos de nitrógeno presentes en el aire para producir ozono, por consiguiente se hizo necesario la existencia de una norma para establecer requisitos, especificaciones y parametros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio, sin embargo actualmente no existe normatividad con respecto al procedimiento para determinar la eficiencia "in situ" de los sistemas de recuperación de vapores, por lo que es necesario una evaluación de esta naturaleza con el propósito de conocer hasta que punto se esta logrando disminuir las emisiones a la atmósfera y esto es precisamente lo que se llevo a cabo en este trabajo, ya que mediante el estudio de una muestra aleatoria de estaciones de servicio se estimo la media poblacional de la variable aleatoria "eficiencia de recuperación de vapores de gasolina", de manera que se infiere el comportamiento de la población de estaciones de servicio a partir del estudio de la muestra representativa

Cabe señalar que la población estadística objeto de estudio la constituyeron las estaciones de servicio que contaron con sistema de recuperación de vapores operando hasta el 1° de febrero de 1997.

RESUMEN

El presente trabajo está conformado por cuatro capítulos, el primero de ellos expone un panorama general de la problemática ambiental en la Ciudad de México ya que el trabajo pertenece al área específica de protección ambiental.

Cuando se va hacer una investigación de cualquier naturaleza que conlleva la obtención de datos el investigador deberá considerar los siguientes aspectos Definir cuidadosa y completamente la población en estudio, decidir el tipo de muestreo que se va a emplear, el procedimiento que se va a utilizar para obtener la muestra, el tamaño de la misma y los métodos que se van a emplear para analizar los datos obtenidos de la muestra, de manera que se puedan obtener conclusiones acerca de la población con base en esos datos extraídos de una parte de ella y esto se contempla en el capítulo segundo

Una vez determinados los conceptos anteriores (diseño de la muestra) el capítulo tercero describe el procedimiento mediante el cual se recolectan los datos en las unidades de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Finalmente en el capítulo cuarto una vez obtenida la información de campo, se aplica a dichos datos el método estadístico seleccionado en el capítulo segundo que es el de la estimación del parámetro (μ) de la eficiencia de recuperación de vapores mediante el estadígrafo (\bar{X}) y mediante un intervalo de confianza para que de esa manera poder concluir con el resultado de la investigación.

OBJETIVOS

GENERAL

Conocer la eficiencia "in situ" de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio de la zona metropolitana de la ciudad de México, mediante una encuesta por muestreo de dichas estaciones.

PARTICULARES

- Determinar el tipo de muestreo y el tamaño del mismo (diseño de la muestra)
- Determinar la eficiencia "in situ" de recuperación de vapores de gasolina en las estaciones de servicio ó gasolineras que integran la muestra representativa.
- Inferir a partir de la muestra el comportamiento de la población total de estaciones de servicio que cuentan con sistemas de recuperación de vapores.

CAPITULO PRIMERO

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN LA CIUDAD DE MÉXICO

1.1 GENERALIDADES

Dentro de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, se define a la contaminación como la presencia de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellos, que provoque desequilibrio ecológico, entendido por contaminante a toda materia o energía en cualquier forma o estado físico que al actuar en la atmósfera, suelo, fauna, agua o elemento natural, modifique o altere su composición y condición natural.

La contaminación en el medio ambiente, es un fenómeno dado en la naturaleza independientemente de la industria y de la tecnología.

Los desechos de las actividades biológicas y naturales que generan contaminantes no se acumulan ya que los ciclos naturales del agua y aire impiden tal acumulación.

El efecto nocivo de los contaminantes, depende de diversos factores tales como propiedades físicas y químicas de los contaminantes, concentración y combinaciones en que se encuentren, frecuencia y duración de las emisiones y sobre todo las características del medio ambiente donde son descartados.

Las fuentes que provocan los contaminantes, se clasifican en fijas y móviles, dependiendo estos del lugar donde los combustibles sean utilizados (ver fig. 1 de anexo 5). De estos las fuentes móviles son las que aportan una mayor contaminación, la cual es debida principalmente por los motores de combustión interna.

Dentro de la combustión de la gasolina, la relación de oxígeno e hidrocarburo es sumamente importante. Debido a esto, el motor realiza un mejor trabajo con la relación de oxígeno e hidrocarburos relativamente menor a la estequiométrica, motivo por el cual en la operación debe existir una emisión de contaminantes al ambiente.

Los contaminantes producidos por las gasolina, son debidos principalmente a los componentes contenidos en las mismas, entre los cuales destaca el azufre, nitrógeno, metales (vanadio y níquel) aromáticos e hidrocarburos. Dichos contaminantes provocan la generación de compuestos contaminantes, algunos de los cuales son eliminados mediante el convertidor catalítico.

De los compuestos contaminantes generados, los más significativos son los óxidos de nitrógeno (NOx), por lo cual su control es importante para no exceder la cantidad de ozono permisible. Estos óxidos no son producto de la combustión, sino una reacción paralela de la combinación de nitrógeno y oxígeno del aire, la cantidad de NO_x que se produce es función del tiempo y la temperatura a la que se lleva a cabo la combustión. La cantidad de NOx puede controlarse por la composición del combustible.

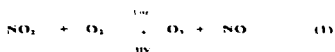
En el aspecto de la salud, los NOx irritan los ojos además de ser precursores de ácidos que corroen edificios, estructuras y monumentos. Además, los NOx junto con los hidrocarburos reaccionan en la atmósfera en presencia de la luz ultravioleta (UV) creando el smog (acumulación en la atmósfera de residuos tóxicos provenientes de los motores automotrices e industriales) el cual, es una etapa clave para la posterior formación de ozono, que a su vez provoca problemas respiratorios e inflamación de los pulmones. Otro contaminante por demás peligroso, es el monóxido de carbono (CO) gas incoloro e inodoro

con una gran afinidad con la hemoglobina de la sangre, lo que impide a esta el transporte de oxígeno. El CO se produce por la combustión incompleta de hidrocarburos provoca cansancio y reducción en la capacidad mental y en ocasiones trastornos cardiovasculares aun con exposiciones en concentraciones bajas de este gas. En concentraciones mayores (20 a 80 ppm) afecta a la visión, oídos y reduce la capacidad (en el manejo) de reacción a la luz y apreciación de la distancia. En concentraciones superiores a 80 ppm produce la muerte por impedimento de transporte de oxígeno a la sangre.

Dentro de la combustión incompleta de hidrocarburos, se emiten también sulfatos, nitratos, sales de amonio y compuestos orgánicos, que por el tamaño de sus partículas pueden provocar daños a los pulmones.

Otros contaminantes que requieren un especial interés, son el ozono y el plomo debido principalmente a su efecto nocivo en la salud. El ozono, es una forma alotrópica del oxígeno que contiene tres átomos en vez de dos. El ozono es un gas azul, de olor picante que se licúa a 112°C o menos. Es un oxidante mucho más activo que el oxígeno, que acelera la destrucción de los polímeros que constituyen una gran parte de los organismos vivos. Es por ello que al elevarse el contenido de ozono en la atmósfera por encima de 200 microgramos por metro cúbico durante una hora, la condición se considera de alto riesgo a la salud humana.

El ozono se forma mediante una reacción fotoquímica, los compuestos precursores para su formación son los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos aunque de manera muy especial por el dióxido de nitrógeno, el cual se genera por los motores de combustión interna, y se combina con el oxígeno del aire en presencia de luz UV proveniente del sol, según la siguiente reacción:



Por otra parte el plomo al ingerirse o inhalarse se acumula en la sangre, los huesos y los tejidos suaves, y debido a que no se excreta o se desecha rápidamente puede afectar los riñones, sistema nervioso y la producción de sangre. La ingestión de grandes cantidades de plomo puede provocar problemas neurológicos, retraso mental y trastornos de conducta. A estos contaminantes la población infantil es sumamente susceptible a daños en el sistema nervioso central.

El azufre contenido en los combustibles, está ligado al fenómeno de la "lluvia ácida". El fenómeno, provocado al quemarse el combustible el cual se transforma en dióxido de azufre que en presencia de ozono, rayos ultravioleta y la humedad de la atmósfera, se convierte en ácido sulfídrico que se precipita con las lluvias. El agua de dichas lluvias es muy ácida lo que conlleva a la destrucción de árboles y otras especies vegetales. Así mismo daña a las especies animales sobre todo acuáticas debido al aumento de la acidez en el agua.

La destrucción provocada por la lluvia ácida no solo afecta a la flora, fauna y construcciones, sino también a los seres humanos al contaminar el agua potable. Esto debido a que el agua ácida se filtra a través de la tierra formando sales de metales tóxicos como arsénico, cobre, mercurio etc. que son solubles en agua. Estas sales

llegan a los ríos subterráneos y lagos que proveen el agua que se consume, provocando una contaminación que con los procesos usuales de potabilización no es fácil de eliminar

1.2 LA CONTAMINACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO

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. Sólo hasta fines de 1986 se contó con una red automática de monitores atmosféricos. 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, sólo 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.

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.

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 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.

Estudios muy recientes revelaron que la atmósfera de la Ciudad de México presenta altas concentraciones entre 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 de combustible en todo su ciclo, desde su expedición de la planta hasta el abastecimiento a los automóviles.

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 dispersan los contaminantes. Se encuentra a 2,240 metros de altura, lo que enrarece su atmósfera con 23% menos de oxígeno que al nivel del mar. 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 a los contaminantes dentro de su cuenca.

1.3 ACCIONES TENDIENTES A MEJORAR LA CALIDAD DEL AMBIENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

1.3.1 ACCIONES GENERALES

En las últimas décadas los esfuerzos para el control del impacto ambiental de automóviles y combustibles han tenido un incremento bastante notable. Los esfuerzos por lograr controlar las emisiones fueron primeramente cambios en la ventilación apropiada para la cámara de combustión. Este primer cambio fue seguido por convertidores catalíticos, sistemas de recirculación de gas, controles de evaporación de combustibles así como modificación a los sistemas de dirección (relación) aire-combustible.

Las aportaciones de la Ingeniería empiezan a cobrar importancia con el propósito de lograr un desarrollo armónico, entre la Industria y la sociedad, principalmente en sus áreas de mayor densidad de población.

Como ejemplo tenemos, los logros relacionados con la participación de los ingenieros mexicanos, para el establecimiento de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAM) , y la integración de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, estos relacionados con el mejoramiento de la calidad del aire.

Con relación a la problemática de suelos PEMEX ha realizado la recuperación de sitios afectados por hidrocarburos, además, los esfuerzos conjuntos del gobierno y la Industria privada han logrado en la Ciudad de México el aprovechamiento de sitios que se consideraban perdidos, debido a el uso intensivo y sin control de los mismos.

Los retos futuros de la Ingeniería se relacionan fundamentalmente en la participación activa de sus profesionales, para lograr en corto plazo el desarrollo y transferencia de tecnología ambiental y de procesos industriales.

La actividad y responsabilidad de Petróleos Mexicanos, de garantizar el abasto oportuno de los energéticos que se consumen en cantidad y calidad tienen gran relación con las tareas que ejecutan para el control de la contaminación.

Por lo tanto la estrategia y el esfuerzo institucional se enfocan a dos factores principales que son:

La calidad de combustibles y el control del efecto que producen los procesos productivos, principalmente los de combustión.

Su utilización principal de los compuestos orgánicos volátiles (COV's), en los combustibles como la gasolina, diesel y combustóleo por el volumen de su consumo, el número de usuarios y los impactos

ecológicos que su combustión origina, es el energético en el que se han aplicado los mayores esfuerzos para garantizar su abasto y asegurar su calidad

A lo largo del tiempo, PEMEX ha producido diferentes tipos de gasolinas según lo han requerido las características mecánicas de los motores vehiculares, se ha reducido el contenido máximo de plomo en el combustible para evitar efectos adversos al ambiente pero manteniendo a la vez lo mínimo indispensable para el buen funcionamiento de los motores

Al mismo tiempo a este tipo de gasolina se le incluyó un compuesto oxigenado denominado Metil-terbutil-eter (MTBE), que mejora la calidad de la combustión del energético con lo que se logra una disminución en la emisión de monóxido de carbono y de hidrocarburos no quemados

Además a partir de septiembre de 1990 se produce la gasolina sin plomo Magna Sin

En cuanto a la elaboración de diesel se presume que hubo un descenso del 3.6% en ventas de diesel entre los años 91-92, situación que pudo ser originada por que algunos industriales han optado por consumir gasóleo industrial ya que es un combustible de mejor calidad ecológica

En este campo PEMEX parte del concepto de ofrecer a los usuarios energéticos producidos con ventajas tanto ecológicas (por las emisiones que producen y su impacto sobre la calidad del aire en áreas críticas), como operativas para su manejo, almacenamiento, facilidad de quemado y protección a las instalaciones y equipo donde se consume

Por ello, PEMEX desarrollo el gasóleo industrial, un energético para la combustión en flama abierta y como resultado tiene la evolución de ventas que han incrementado casi 8 veces su volumen debido a la aplicación de normatividad que obliga a la industria a consumir energéticos con un máximo de 2% de peso en azufre.

Antes de pasar al siguiente contexto cabe definir

EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA "IN SITU".

Es un parámetro que indica el porcentaje de control de los vapores de gasolina debido a 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.

TASA VOLUMÉTRICA VAPOR / LIQUIDO Es la relación entre el volumen de vapores recuperados y el volumen de combustible cargado al tanque del automotor multiplicado por 100, medida junto a la pistola de despacho durante el llenado del tanque del vehículo.

Durante el primer semestre de 1995 se ha hecho obligatorio que las gasolinerías de la Zona Metropolitana instalen equipos de recuperación de vapores.

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:

FASE 0.

La captación y recuperación final de los vapores en las terminales de distribución de PEMEX.

FASE I.

El envasado y traslado de los vapores recuperados en los tanques de las gasolinerías a las terminales de distribución, mediante camiones autotanque adecuadamente equipada para ello.

FASE II.

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

1.3.2 NORMA OFICIAL MEXICANA : 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 DE AUTOCONSUMO UBICADAS EN EL VALLE DE MÉXICO.

En el Diario Oficial de la Federación del día 6 de septiembre de 1995, se publicó la norma oficial NOM-092-ECOL-1995, relativa a los sistemas de recuperación de vapores que deberán instalarse en las estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México. La presente Norma Oficial Mexicana entró en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

1.3.2.1 OBJETIVOS Y CAMPO DE APLICACIÓN

Dicha norma establece los requisitos, especificaciones y parámetros para el diseño, instalación y puesta en marcha de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México.

El diseño, instalación y puesta en marcha deberán ser previamente aprobadas por la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México.

1.3.2.2 REQUISITOS, ESPECIFICACIONES Y PARÁMETROS

- A) La eficiencia en laboratorio del SRV's de gasolina, debe ser superior al 90% comprobable por laboratorios de prueba validados ante el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorio de Prueba (SINALP) De acuerdo al método establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1995. Debe cumplir con una tasa volumétrica vapor/liquido igual o mayor al 100% y menor o igual a 190% , como promedio de la prueba
- B) Los SRV's que tengan una tasa volumétrica vapor/liquido superior al 110% como promedio de la prueba deberán contar con unidades de procesamiento para eliminar los vapores excedentes de los tanques de almacenamiento en las estaciones de servicio o de autoconsumo
- C) La eficiencia "in situ" del SRV's de gasolina debe ser superior al 80% promedio comprobada, incluyendo las emisiones asociadas con los tanques de almacenamiento y en su caso a través de las unidades de procesamiento de vapores excedentes
- D) Cada tanque de almacenamiento debe contar con una línea de ventilación
- E) La pistola de despacho utilizada en las estaciones de servicio o de autoconsumo que cuenten con SRV's de hidrocarburos, deben operar cumpliendo con la eficiencia "in situ" de recuperación prevista en el punto C)
- F) Los autotanques para efectuar el transvasado de gasolina a los tanques de almacenamiento deberán contar con el SRV's fase 1.

El punto de llenado del tanque de almacenamiento deberá contar con un contenedor de derrames de una capacidad mínima de 19 litros.

G) Los tanques de almacenamiento deberán estar equipados con SRV's fase I y estar conectados herméticamente a los dispositivos de suministro de combustible y recuperación de vapores, durante la operación de transvasado del autotanque.

H) El transvasado de gasolina a los vehículos automotores debe efectuarse de manera que los vapores de gasolina generados sean recolectados por SRV's de gasolina fase II.

I) Antes de realizar la instalación de SRV's se deberá verificar la hermeticidad de los tanques y tuberías mediante una prueba de hermeticidad no destructiva.

J) Placa de verificación visible del sistema. Con el objeto de verificar las instalaciones que cuenten con los SRV's en fase I y II instalados, estas deberán contar con un letrero de 60x40 cm ; construido de un material resistente, en fondo color blanco con letras negras ubicados sobre un muro visible desde el exterior del edificio de la estación de servicio, que contenga los siguientes datos relevantes.

1. Número de registro de la estación de servicio asignado por PEMEX.
2. Fecha de instalación del SRV's
3. Capacidad instalada
4. Número de registro de SRV's entre tanques.
5. Número de registro de capacitación y aprobación del responsable de la instalación, puesta en marcha y mantenimiento del SRV's.

1.3.2.3 GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES.

Los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico en esta Norma Oficial Mexicana se basan en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

1.3.2.4 OBSERVANCIA DE ESTA NORMA

La vigilancia el cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, así como los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, y a los municipios correspondientes, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios. Las violaciones a la misma se sancionarán en los

términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables. A efecto de que las estaciones de servicio cumplan con los términos de la presente Norma Oficial Mexicana, la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, en coordinación con el Organismo Público Descentralizado Petróleos Mexicanos (PEMEX) establecerán un programa de reconversión de las estaciones de servicio, en el que se señalará nombre y ubicación de las estaciones de servicio que se incorporarán al programa y la fecha en que lo harán.

1.3.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE RECUPERACIÓN DE VAPORES INSTALADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Un sistema de recuperación de vapores. Es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar la emisión de los vapores de gasolina producidos en las operaciones de transferencia de éste combustible en las estaciones de servicio y estaciones de autoconsumo, que de otra manera serían emitidas libremente a la atmósfera.

Los sistemas de recuperación instalados en la Ciudad de México incluyen, un dispositivo de succión que favorece el retorno de 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 pulgadas 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 un 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 pulgadas de columna de agua. El vacío es generado por una bomba reciprocante, donde los vapores son succionados a través de una serie de orificios localizados en el extremo final de la pistola impulsando 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 sólo 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 tenga una cantidad de vapores en exceso.

Existe una segunda clasificación de los 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 sí utiliza un incinerador de vapores en su proceso, esto significa que los únicos productos del proceso son gases de combustión.

A) SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO SIN INCINERADOR

PRINCIPIO DE OPERACIÓN.

Estos sistemas de recuperación de vapores en la 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 menor de 10%, un incinerador no es requerido.

Los elementos que caracterizan a este 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.

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

El sistema incorpora además una manguera coaxial invertida, una válvula de ruptura por tensión (Break Away) cuya función es certificar el paso del líquido o vapor en caso de 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.

Para la fase I se incluyen un válvula de prevención de sobrelleñado en la línea de descarga de combustible hacia el tanque de almacenamiento, una válvula de bola para prevención de sobrelleñado en la línea de retorno de vapores del tanque de almacenamiento hacia el autotank, una válvula para conducir los vapores hacia el autotank (Dry Break) y una válvula de presión de 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.

II) SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES ASISTIDO POR VACÍO CON INCINERADOR

PRINCIPIO DE OPERACIÓN.

Los SRV's asistido 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 existe un 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 este 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 de trabajar cuando se está sirviendo combustible de alguna pistola y cuando ocurre un aumento de presión 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 llamado venteo. Los sistemas de recuperación de vapores son operados desde un tablero de control ubicado dentro de la caseta de la estación de servicio.

Cabe mencionar que existen otras tecnologías como son: Sistemas de balance; sin embargo éstos no se han implementado en México debido a que no cumplen con los requerimientos mínimos de recuperación de vapores establecidos por las autoridades ambientales. Así también existen tecnologías de punta como los sistemas de membranas selectivas que se han implementado en países europeos del primer mundo.

CAPITULO SEGUNDO

ESTADÍSTICA INFERENCIAL (DISEÑO DE LA MUESTRA)

2.1 MUESTRAS Y POBLACIONES

Un censo comprende el examen de todos los elementos de un determinado grupo, mientras que el muestreo comprende el análisis de una pequeña parte de ellos. El objeto de muestreo es establecer generalizaciones con respecto a un grupo total de elementos sin tener que examinarlos uno por uno. La parte del grupo que se examina recibe el nombre de muestra y el grupo total a partir del cual se seleccionó la muestra se conoce como población o universo. Los elementos que forman una población pueden ser personas, empresas, productos manufacturados, inventarios, escuelas, ciudades, calificaciones escolares, precios o cualquier otra cosa que se pueda medir, contar o jerarquizar.

Los términos "población" y "muestra" están relacionadas con un conjunto específico de circunstancias. Es decir, en un ejemplo, los alumnos en un salón de clases se pueden considerar como una población y de esta se puede obtener una muestra de estudiantes. En el caso de otro problema, estos mismos alumnos se pueden considerar como una muestra de todos los estudiantes de una escuela de ingeniería, o bien, como una muestra de la población de estudiantes de esa universidad. En particular. Como el fin del muestreo es generalizar con respecto a la población fundamental, es axiomático que la población objetivo se deba establecer de manera que se puedan hacer generalizaciones significativas.

Las poblaciones de tamaño limitado se conocen como poblaciones finitas, en tanto que las que tienen tamaño ilimitado se conocen como poblaciones infinitas. Los alumnos de una clase determinada, los productos de un supermercado, los libros de una biblioteca y las gasolineras de la Ciudad de México son ejemplos de poblaciones finitas. Por otra parte, las poblaciones infinitas generalmente son de tipo de proceso que se producen elementos o resultados, como la tirada de monedas, en la cual el número de resultados (caras o cruces) que se pueden obtener es limitado. Otros ejemplos de procesos de poblaciones infinitas son la producción futura de una maquina, la extracción de canicas de una urna regresando cada canica a su lugar antes de sacar otra, y el nacimiento de insectos o de cualquier otra especie.

El problema de regresar o no un elemento muestreado a una población antes de sacar otro de esta, surge cuando se muestra una población finita, ya que la probabilidad de incluir elementos de una población en una muestra dependerá si estamos muestreando con reposición o sin reposición.

Si el tamaño de una muestra es pequeña en relación con el de la población, el no regresar los objetos muestreados de la población tendrá un efecto insignificante sobre las probabilidades de los elementos restantes, y muestrearse sin reposición no causará serias dificultades. Por otra parte, las muestras relativas grandes tienden a distorsionar las probabilidades de los elementos restantes cuando se muestra sin reposición. Una regla generalmente aceptada es substituir unidades si el tamaño de la muestra excede del 5% del tamaño de la población.

Aunque no sea muy evidente, el seleccionar una muestra completa de inmediato equivale a muestrear sin reposición. Cuando se muestra sin reposición es posible obtener el mismo resultado más de una vez, en tanto que tomando la muestra total de una vez, sería imposible que esto sucediera.

Existen varias razones del por qué el muestreo sin reposición se lleva a cabo en la práctica real:

1. Como se mencionó anteriormente, los efectos suelen ser insignificantes, y puede ser más conveniente hacerlo así.
2. Si se realizaran ensayos destructivos sería imposible regresar los elementos muestreados a la población.
3. En el muestreo industrial será difícil persuadir a los inspectores carentes de adiestramiento en estadística de que regresen los elementos muestreados en la población, particularmente si estos están defectuosos.
4. Cuando se regresa un objeto muestreado a la población, existe una posibilidad que sea incluido en un ensayo subsecuente, así, algunos elementos pueden ser muestreados más de una vez. Si el procedimiento de muestreo comprende un ensayo o una entrevista costosos, es deseable evitar examinar un objeto más de una vez.

El muestreo con reposición suele ser necesario o deseable, cuando el tamaño de la muestra es relativamente grande en comparación con el tamaño de la población y el cálculo de probabilidades importantes se funda en la distribución hipergeométrica.

Otros conceptos fundamentales a considerar son:

1. **Unidad Elemental** Un elemento o unidad elemental es la unidad más pequeña sobre la cual se hace una medición.
2. **Unidad de Muestreo** Es la colección o conjunto de elementos de la población, que son mutuamente excluyentes y exhaustivos, es decir, que no se superponen y cubren a todos los elementos. La forma de definirla depende del tiempo, el costo, los recursos etc.
3. **Marco de Referencia.** También llamado marco de muestreo, es una lista mapa o registro que identifica claramente todas las unidades de muestreo. El marco se elige una vez definidas estas últimas.
4. **Diseño de la Muestra.** Esta consta de varias etapas:
 - a) Forma de seleccionar la muestra
 - b) Procedimientos de estimación a partir de los de selección
 - c) Determinación del tamaño de la muestra

2.1.1 RAZONES PARA EL MUESTREO

COSTO REDUCIDO

Si los datos se obtienen únicamente de una pequeña fracción del total, los gastos son menores que los que se realizarían si se llevara a cabo un censo completo. En poblaciones muy grandes se pueden obtener resultados lo suficientemente exactos cuando se analizan muestras que representan sólo una pequeña fracción de la población.

MAYOR RAPIDEZ

Por la misma razón, los datos pueden ser recolectados y resumidos más rápidamente con una muestra que con una enumeración completa. Ésta es una consideración vital cuando se necesita la información con urgencia.

MÁS POSIBILIDADES

Para obtener la información en ciertos tipos de encuestas, se utilizan los servicios de personal altamente calificado o equipo muy especializado de disponibilidad limitada. Por lo tanto, en estos casos el censo completo es impracticable y como alternativa a la obtención de datos por muestreo, sólo existe la de no obtenerlos. De ahí que las encuestas basadas en el muestreo tienen más posibilidades y flexibilidad respecto a la información que puede obtenerse.

MAYOR EXACTITUD

Debido a que al reducir el volumen de trabajo se puede emplear personal más capacitado y someterlo a un entrenamiento intensivo y que además en estas condiciones será factible la supervisión cuidadosa del trabajo de campo y del procedimiento de los resultados. Una muestra puede producir resultados más exactos que la enumeración completa.

2.1.2 BASES TEÓRICAS DEL MUESTREO

Aunque la diversidad es una cualidad universal de los datos, no hay virtualmente ninguna población estadística en la práctica cuyos elementos varíen entre sí sin límite.

Los hechos de que cualquier población tiene propiedades características y que las variaciones en sus elementos son claramente limitadas hacen posible que escojamos una muestra relativamente pequeña y al azar que puede reflejar bastante bien las características de la población.

Otra propiedad interesante e importante de los datos es la regularidad o uniformidad. Las fuerzas relacionadas, pero independientes que producen variabilidad en una población están a menudo tan equilibradas y concentradas que tienden a generar iguales valores arriba y abajo de cierto valor central alrededor del cual tienden a agruparse la mayor parte de los valores.

Debido a la uniformidad estadística, si se escoge una muestra grande al azar, las características de esta muestra difieren muy poco de las características de la población. La uniformidad o regularidad es la tendencia de las características mensurables a agruparse alrededor de cierto "centro de

gravedad". La medida de tal tendencia central es un promedio del que divergen las observaciones individuales en cierta forma definida. Los promedios son más estables que los valores individuales. Además, los promedios resultan más estables cuantas más observaciones haya en la muestra. La razón básica de que cantidades mayores de datos tienden a exhibir menos fluctuación es una tendencia de las unidades de datos a "compensarse unas con otras". El mismo efecto de compensación puede esperarse cuando aumenta el tamaño de la muestra. En la práctica, para hacer inferencias generalmente solo tomamos una muestra. Sea ésta grande o pequeña, estamos casi seguros de que sus características no son exactamente las de la población. ¿Cómo podemos estar seguros entonces sobre el grado de confianza de las conclusiones sobre esta tesis? La respuesta a tal pregunta es aleatoriedad. La medición objetiva de los errores por muestreo requiere que la muestra sea al azar. Esto es así porque este conocimiento solo puede ser obtenido aplicando las leyes matemáticas de la probabilidad, las que a su vez, solo pueden ser aplicadas a muestras al azar¹¹.

2.1.3 TIPOS DE MUESTREO

Los modelos de muestreo pueden agruparse convenientemente como muestreo al azar y muestreo no al azar. El primero se conoce también como muestreo probabilístico, porque si el proceso de muestreo es al azar, pueden aplicarse las leyes de la probabilidad.

El muestreo no al azar o por juicio es un proceso de selección de muestras sin el uso del azar. En otras palabras, se escoge una muestra no al azar sobre una base distinta de consideraciones de probabilidad, tal como el juicio de un experto, conveniencia o algunos otros criterios. En consecuencia, la probabilidad de que cada elemento individual sea extraído de la población es desconocida y la fidelidad de sus resultados no puede ser objeto de estudio del análisis de probabilidades, sino que debe depender del juicio personal del investigador.

2.1.3.1 MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

Existe una gran variedad de métodos para tomar una muestra quizá el más importante de ellos es el muestreo aleatorio. De hecho, la mayoría de las pruebas estadísticas se basan en el muestreo al azar. Algunas veces se le conoce como muestreo aleatorio simple para diferenciarlo de otros tipos de muestreo en el que intervienen elementos al azar.

En términos generales, el muestreo aleatorio requiere que cada elemento de una población tenga la misma oportunidad de ser incluida en la muestra. Esto se puede interpretar de la siguiente manera.

En el caso de poblaciones discretas, una muestra aleatoria es aquella en la que cada elemento de la población tiene la misma oportunidad de ser incluida en la muestra.

En lo referente a poblaciones continuas una muestra aleatoria es aquella en que la probabilidad de incluir cualquier intervalo de valores en la muestra es igual al porcentaje de la población que está comprendida en dicho intervalo.

Una muestra aleatoria de una población discreta sería entonces una muestra en que la probabilidad de obtener cualquiera de los N elementos de la población en una sola inspección es $1/N$. Esto también significa que grupos de elementos tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra que otros del mismo tamaño. Por ejemplo, la probabilidad de incluir dos elementos cualesquiera debe ser igual a todos los grupos posibles de dos de ellos. Una extensión de esto es que la probabilidad de incluir un elemento que es miembro de un subgrupo de la población en una muestra aleatoria, es proporcional al tamaño del subgrupo. Los subgrupos grandes tendrán una mayor probabilidad de contar con uno o más elementos en una muestra que los subgrupos pequeños mientras que los de igual tamaño tendrán probabilidades iguales. Por tanto, el muestreo aleatorio tiende a producir muestras representativas.

Cabe mencionar que cuando se selecciona una muestra al azar, el proceso de selección es el que es aleatorio y no los elementos de la muestra. Además el proceso no es de tanteo el azar no debe relacionarse con la casualidad, ya que esta última no puede satisfacer necesariamente una situación igual de probable.

2.1.3.2 MUESTREO ESTRATIFICADO

Comprende el dividir la población en subgrupos (estratos) de elementos semejantes, y muestrear después en cada subgrupo. El razonamiento es que mediante el ordenamiento de los elementos de la población en subgrupos homogéneos, la variabilidad es menor que la de la población total, y por ello se necesitarán un tamaño de muestra más pequeño. Este concepto se puede visualizar fácilmente al considerar un caso extremo supóngase que los elementos de cada estrato son idénticos. En un evento una sola observación de cada subgrupo señalará como en cada subgrupo. Así, cuanto más semejantes sean los elementos en cada estrato tanto menor será el tamaño de la muestra requerida.

2.1.3.3 MUESTREO DE AGRUPACIÓN O DE ACUMULACIÓN

Comprende el ordenar los elementos de una población en subgrupos heterogéneos que sean representativos de la población total. Idealmente, cada acumulación se puede considerar como una mini-población, de hecho, si fuese perfecta, y cada acumulación exactamente igual a la otra (y así la población principal), sería necesario examinar solamente una acumulación individual para saber como es la población. Sin embargo, esto rara vez ocurre en la práctica, ya que las acumulaciones suelen ser grupos de elementos estrechamente relacionados entre sí, como unidades familiares, manzanas de casas, ciudades etc. Con mucha frecuencia tales subgrupos son casos homogéneos, y son escogidos más por facilidades administrativas y ahorro de costos que por sus características heterogéneas.

2.1.3.4 MUESTREO SISTEMÁTICO

Es muy semejante al muestreo aleatorio simple requiere de uso de una lista de los elementos de la población, si los elementos de la lista no están dispuestos en un orden particular, el muestreo sistemático puede dar lugar a un muestreo aleatorio, muestreando cada elemento k ésimo de la lista, en el cual se obtiene k , dividiendo el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra (esto es, $k = N/n$). De este modo si N es igual a 200 y n es igual a 10 entonces $k = 200/10 = 20$. Esto significa que se muestrearía un elemento de cada secuencia de 20. Se puede consultar una tabla de números aleatorios para determinar donde empezar en el primer grupo, y posteriormente cada uno de los elementos k ésimos serán muestreados.

2.1.3.5 MUESTREO DOBLE Y MÚLTIPLE

Todos los tipos de muestreo anteriores se conocen como muestreo único, pues cada diseño se usa para obtener una sola muestra de la cual se hace una estimación o una prueba de hipótesis, sin embargo, a últimas fechas se ha generalizado el uso del muestreo doble, múltiple y secuencial.

El muestreo doble es el proceso por el cual se observa primero una muestra pequeña y se toma una decisión sobre aceptar, rechazar o tomar una segunda muestra.

El procedimiento que utiliza una serie de muestras pequeñas tal que el número acumulado de defectos es comparado con un criterio de aceptar y uno de rechazar después de extraída cada muestra hasta que finalmente puede tomarse una decisión, se llama muestreo múltiple.

2.1.4 ELECCIÓN DEL TIPO DE MUESTREO

Antes de elegir el tipo de muestreo a emplear es necesario poseer algún conocimiento de las características de la población, (naturaleza de la población) de tal manera que dicha elección parta del conocimiento de la misma. Tal conocimiento puede basarse en datos pasados, observación preliminar de estudios piloto, juicio experto o simplemente intuición o buenas conjeturas.

De la población de estaciones de servicio, que cuentan con sistemas de recuperación de vapores instalados en la ZMCM, se sabe que:

- La población es pequeña (20 unidades)
- Es relativamente fácil encontrar las unidades de muestreo
- Los elementos de la población están concentrados en un área pequeña (ZMCM)
- La población no se considera heterogénea
- La población está distribuida normalmente

En estas circunstancias, el muestreo aleatorio simple se elige como método para obtener la muestra de estaciones de servicio a ser evaluada.

2.1.5 TEOREMA DEL LÍMITE CENTRAL

Dada una población cualquiera con una media μ y una varianza σ^2 . La distribución muestral de \bar{X} , calculada a partir de todas las muestras aleatorias de tamaño n con reemplazo de esta población, está distribuida en forma aproximadamente normal, con media $\mu_{\bar{X}} = \mu$ y varianza $\sigma_{\bar{X}}^2 = \sigma^2/n$ y la aproximación a la normal será mejor cuando mayor sea n .

Si el muestreo se hace sin reemplazo, entonces $\mu_{\bar{X}} = \mu$, y $\sigma_{\bar{X}}^2 = (\sigma^2/n)(N-n)/(N-1)$, donde $(N-n)/(N-1)$, se le llama factor de corrección por población finita, o por muestreo sin reemplazo. (Ver fig. 2 de anexo 5)

La estadística inferencial pretende resolver dos problemas fundamentales: la estimación de parámetros poblacionales a partir de estadígrafos muestrales conocidos, y la toma de decisiones estadísticas acerca de hipótesis establecida sobre la población, también con base al conocimiento de sus muestras⁽¹⁾.

2.1.6 ESTIMACIÓN PUNTUAL Y POR INTERVALO DE CONFIANZA

La estimación, puede ser a través de un número simple, generalmente el estadígrafo correspondiente llamado estimación puntual o por medio de dos valores numéricos que definen un intervalo, el cual contiene el parámetro estimado con cierto grado de confiabilidad llamado intervalo de confianza. (Ver fig. 3 de anexo 5)

Dado un estimador puntual ($\hat{\theta}$) y el método de generarlo, se puede saber si tiene o no las características deseables, pero al emplearlo en vez del parámetro correspondiente (θ), se requiere del tamaño del error estándar del estimador, de manera que, cuando se da una estimación puntual también debe darse el error estándar ($\sigma_{\hat{\theta}}$) de la estimación.

Si se requiere una expresión más formal de la estimación y su precisión, podemos obtener una *estimación por intervalo*, que es una *estimación del parámetro por un intervalo al azar*, llamado *intervalo de confianza*, cuyos extremos son funciones de las variables aleatorias observadas, de manera que la probabilidad de que el parámetro se encuentre en el intervalo se expresa en términos de un número predeterminado $1-\alpha$, llamado *coeficiente de confianza*. Así, se define un intervalo de confianza de manera general como

$$P(\hat{\theta} - K\sigma_{\hat{\theta}} < \theta < \hat{\theta} + K\sigma_{\hat{\theta}}) = 1-\alpha \quad (2)$$

donde K es un valor crítico correspondiente al *coeficiente o nivel de confianza* $1-\alpha$, α es el nivel de significancia o de significación y representa la probabilidad de que el intervalo no incluya al parámetro.

$\hat{\theta} - K\sigma_{\hat{\theta}}$ es el límite inferior de confianza y $\hat{\theta} + K\sigma_{\hat{\theta}}$ es el límite superior de confianza.

En este caso lo que se pretende es estimar un intervalo de confianza para la media (μ), en donde la variable aleatoria es la eficiencia "in situ" de los sistemas de recuperación de vapores, instalados en las estaciones de servicio (mejor conocidas como gasolinerías) de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Se sabe que la distribución muestral de \bar{X} es aproximadamente normal por el *teorema del límite central* y que aproximadamente 95.5% de los valores de \bar{X} están dentro de dos desviaciones estándar de la media, esto es, entre $\mu - 2\sigma_{\bar{X}}$ y $\mu + 2\sigma_{\bar{X}}$ hay aproximadamente 95.5% de los valores de \bar{X} , pero como se desconoce μ , no se tienen los valores de los extremos del intervalo, sin embargo se cuenta con una estimación puntual de μ , que es \bar{X} , se construye entonces el intervalo alrededor de \bar{X} .

Supóngase que se construyen todos los posibles intervalos alrededor de cada uno de los posibles valores de \bar{X} de todas las muestras aleatorias del mismo tamaño (n) escogidas de la población de interés (ver fig. 4 de anexo 5).

Se tendrá una gran cantidad de intervalos de la forma

($\bar{X} - 2\sigma_{\bar{X}}$, $\bar{X} + 2\sigma_{\bar{X}}$) todos con la misma amplitud del intervalo alrededor del parámetro desconocido μ . Aproximadamente el 95.5% de los intervalos tendrían centros que caen dentro de $\pm 2\sigma_{\bar{X}}$ alrededor de μ .

Así mismo, habrán 4.5% de los intervalos construidos alrededor de \bar{X} , $\bar{X} \pm 2\sigma_{\bar{X}}$ que no contienen a μ , pero como el intervalo \bar{X} proviene de una muestra al azar, el intervalo así construido es al azar.

Notese que si $1-\alpha$ no es el 95.5% sino cualquier otro valor, la amplitud del intervalo no es de $2\sigma_{\bar{X}}$ sino el valor crítico de Z correspondiente a $1-\alpha$, generalmente denotado por $Z_{\alpha/2} = (n/2)$, multiplicado por el error estándar $\sigma_{\bar{X}}$, esto es, $Z_{\alpha/2} \sigma_{\bar{X}}$.

Para construir un intervalo de confianza para la media μ , debe conocerse la distribución, en este caso se sabe por estudios previos en laboratorio que la distribución es normal y además el tamaño de la muestra es pequeño puesto que la población total es de 20 unidades, por lo tanto se usa la distribución t de student.

*Algunos autores consideran n grande (relativo al diseño de muestreo) ($n \geq 30$)

2.1.6.1 ESTIMACIÓN DE LA MEDIA CUANDO NO SE CONOCE σ : LA DISTRIBUCIÓN t^*

Cuando no se conoce el valor de la desviación estándar de la población, (lo cual generalmente ocurre, y es este el caso), la desviación estándar de la muestra se utiliza como una estimación de S_z y sustituye a σ en ecuaciones para intervalos de confianza y errores. Esto no presenta dificultades importantes, ya que la desviación estándar de la muestra proporciona una aproximación al valor verdadero, muy razonable en la mayoría de los casos. Además, por el teorema del límite central se sabe que, cuando el tamaño de la muestra es mayor que 30 la distribución de muestreo de la medias será casi normal. Sin embargo, para muestras de 30 o menos observaciones, la aproximación normal resulta inadecuada en lugar de ello, los cálculos de los intervalos de confianza se deben basar en la distribución t , que es la distribución teóricamente correcta siempre que se utiliza S_z . La forma de la distribución t es muy parecida a la de la distribución normal.

La principal diferencia entre las dos consiste en que la distribución t presenta una área (probabilidad) mayor en sus extremos (colas). Esto significa que, para un nivel de confianza dado, el valor t será un poco mayor que el correspondiente a Z .

El aspecto interesante (y complicado) con respecto a la distribución t , es que no es una de tipo estandarizado en el mismo sentido que lo es la distribución normal, en el caso de cada tamaño de muestra existe una distribución t ligeramente diferente. De este modo en tanto que la distribución normal es esencialmente independiente del tamaño de la muestra, la distribución t no lo es. Para tamaños de muestras pequeños (digamos, 30 o menos observaciones), la distribución t es bastante sensible con respecto al tamaño de la muestra, sin embargo, esta sensibilidad disminuye en el caso de muestras mayores. De hecho para muestras más grandes, es factible utilizar valores Z para aproximar los valores t aun cuando la distribución t es teóricamente correcta en los casos en que no se conoce la desviación estándar de la población, independientemente del tamaño de la población que se esté utilizando.

* El creador de la distribución t fue W. S. Gossett, empleado de una cervecería irlandesa, a principios de 1900, quien escribió bajo el seudónimo de student. Hay una tabla para los valores de t (ver anexo 3) de la misma forma que existe una para los valores de Z . Y los dos conjuntos de valores se utilizan de la misma manera. Pero como existe una distribución t diferente para cada tamaño de muestra, sería poco práctico intentar proporcionar tablas completas de las distribuciones. En lugar de esto, en la tabla solamente se incluyen los valores que se utilizan más comúnmente.

Para utilizar una tabla de valores de t , se deben conocer dos cosas: el nivel de confianza deseado y los grados de libertad. Estos últimos se relacionan con la forma como se calcula la desviación estándar de la muestra:

$$S_e = \sqrt{(\sum(x-\bar{x})^2)/(n-1)} \quad (3)$$

en la cual

S_e = Desviación estándar de la muestra

$n-1$ = Grados de libertad

Así, los grados de libertad son igual a $n-1$, o una unidad menor que el tamaño muestral.

Para ejemplificar el uso de la tabla t , supongase que se tienen los siguientes datos:

Tamaño de muestra: $n=10$

Grados de libertad = $n-1 = 10-1 = 9$

Nivel de confianza: $1-\alpha = 0.95$

$1-\alpha/2 = 0.975$

Con estos datos se acude al anexo 3, en donde se puede observar que existe una columna correspondiente a los grados de libertad y una fila para $t(1-\alpha/2)$, luego entonces se ubica al número 9 en la columna de grados de libertad y se ubica a 0.975 en la fila de t , finalmente el valor t corresponde al número que se halla en la intersección de estos dos valores, que en este caso es de 2.262⁽¹⁵⁾.

2.1.7 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

La determinación del tamaño de la muestra es muy importante puesto que si se toma una muestra muy pequeña no será significativa y si se tomase muy grande se están desperdiciando recursos.

Se usarán los intervalos de confianza para calcular tamaños de muestra; (ver fig. 5 de anexo 5) si se observa con cuidado el intervalo de confianza para la media:

$$p(\bar{X} - Z_{\alpha/2} (\sigma/\sqrt{n}) < \mu < \bar{X} + Z_{\alpha/2} (\sigma/\sqrt{n}) = 1 - \alpha \quad (4)$$

y se desea estrechar el intervalo, se tienen varias opciones

i) Disminuir el nivel de confianza: $1 - \alpha$

ii) Aumentar el tamaño de la muestra, lo que disminuye el error estándar, puesto que σ es fija:

De estas dos opciones, la primera no es muy recomendable porque se aumenta α , el riesgo de que μ no esté en el intervalo.

Hay una consecuencia interesante que se desprende de la relación entre el *error máximo de estimación* (diferencia entre el estimador y el parámetro) y el *riesgo* (α definido anteriormente) que es la determinación del tamaño de la muestra. Se observa que la longitud o amplitud del intervalo es:

$$L = 2Z_{\alpha/2} - (\alpha/2) (\sigma/\sqrt{n}) \quad (5)$$

Donde el error máximo de estimación es

$$E = L/2 = Z_{\alpha/2} - (\alpha/2) (\sigma/\sqrt{n}) \quad (6)$$

de donde se puede despejar n si se conoce el error máximo de estimación E ; el riesgo α y la varianza poblacional

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} - (\alpha/2) \sigma}{E} \right)^2 \quad (7)$$

Si el muestreo es sin remplazo, se introduce el factor de corrección por población finita:

$$\sqrt{(N-n) / (N-1)} \quad , \text{ de donde:}$$

$$E = Z_{\alpha/2} - (\alpha/2) (\sigma/\sqrt{n}) \sqrt{(N-n) / (N-1)} \quad (8)$$

que al resolver para n, se tiene:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 - \alpha/2 \sigma^2}{E^2 (N - 1) + Z_{\alpha/2}^2 - \alpha/2 \sigma^2} \quad (9)$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

N= Número total de elementos de la población

σ =Desviación estándar de la población

E= Error máximo de estimación

α =Riesgo ó nivel de significancia

$Z_{\alpha/2}$ = ($\alpha/2$) = Valor de Z correspondiente al percentil $1-\alpha/2$

Cabe mencionar que el investigador debe proporcionar ciertos datos de estudios previos ó estudios piloto, como son La amplitud del intervalo (error máximo de estimación), nivel de confianza deseado, la magnitud de la desviación estándar y el número total de elementos de la población.

Para este caso se cuenta con información de un estudio efectuado en el laboratorio de la Unidad de Recuperación de Vapores del Instituto Mexicano del Petróleo, y se presenta a continuación

N=20 unidades (estaciones de servicio que cuentan con SRV's que se localizan en la ZMCAM)

$\sigma=3.16$

E=4.99

$\alpha=5\%$

$Z_{\alpha/2} = (0.025)=1.96$

Cabe señalar que la variable que se mide se considera que se distribuye normalmente, pero como se tiene una muestra pequeña (ya que la población total es de 20 unidades), se usará la distribución t para determinar el tamaño de la muestra, sin embargo para iniciar la iteración se toma como primer valor el tamaño estimado por la distribución normal.

Por lo tanto el tamaño preliminar de la muestra es:

$$n = \frac{(20.00)(1.96)^2 (3.16)^2}{(4.99)^2 (20-1) + (1.96)^2 (3.16)^2} = 1.50 \approx 2.00$$

Las iteraciones sucesivas involucran las dos ecuaciones siguientes:

$$n = t^2 s^2 / E^2 \quad (10)$$

$$n^1 = n / (1 + n/N) \quad (11)$$

Donde:

t = Valor de t correspondiente al percentil $1-\alpha/2$ con grados de libertad igual a "n"

s = Desviación estándar de la población

E = Error máximo de estimación

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño total de la población

$$n_2 = t^2 (2.0) s^2 / E^2 = (4.30)^2 (3.16)^2 / (4.99)^2 = 7.41$$

$$n_2^1 = n_2 / (1 + n_2 / N) = (7.41) / (1 + 7.41/20) = 5.41 \approx 6.0$$

$$n_3 = t^2 (6.0) s^2 / E^2 = (2.45)^2 (3.16)^2 / (4.99)^2 = 2.41$$

$$n_3^1 = n_3 / (1 + n_3 / N) = (2.41) / (1 + 2.41/20) = 2.15 \approx 3.0$$

$$n_4 = t^2 (3.0) s^2 / E^2 = (3.18)^2 (3.16)^2 / (4.99)^2 = 4.06$$

$$n_4^1 = n_4 / (1 + n_4 / N) = (4.06) / (1 + 4.06/20) = 3.37 \approx 4.0$$

$$n_5 = t^2 (4.0) s^2 / E^2 = (2.78)^2 (3.16)^2 / (4.99)^2 = 3.10$$

$$n_5^1 = n_5 / (1 + n_5 / N) = (3.10) / (1 + 3.10/20) = 2.68 \approx 3.0$$

Al emplear el valor de t ($t=3.18$) correspondiente al percentil 0.975 con grados de libertad ($g.l.$)=3, el sistema considera a "n" (tamaño de la muestra) pequeño, por esa razón lo eleva a 4 unidades; ahora cuando se emplea el valor de t ($t=2.78$) correspondiente al percentil 0.975 con $g.l.=4$, el sistema considera a $n=4$ grande por lo que disminuye el valor de "n" a $n=3$, eso significa que el valor de "n" se encuentra entre 3 y 4 unidades, pero como no se puede considerar $1/2$ de unidad elemental de la población, se considera el número entero inmediato superior o sea 4 unidades, por lo tanto la muestra consistirá de cuatro elementos, (20% de la población total)

2.1.8 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MUESTRA

Se asignaron consecutivamente los números, 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, y 19, a la lista de estaciones de servicio que cuentan con sistema de recuperación de vapores (marco de muestreo). Como la identificación de los elementos es un número de dos dígitos, fue necesario tomar números de dos cifras de la tabla de números aleatorios (anexo 6), de manera que existiera una correspondencia entre ellos y las estaciones listadas. Cuando en la tabla de números aleatorios aparecieron números mayores a 19, simplemente se descartaron, ya que la población solo consta de 20 unidades. Este proceso se llevó a cabo hasta obtener los cuatro números, los cuales corresponden a cuatro elementos de la población y son: 18, 16, 01, y 12, mismos que de aquí en adelante se llamarán estaciones 1, 2, 3 y 4 respectivamente (ver fig. 6 de anexo 5).

CAPITULO TERCERO

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN "IN SITU" PARA SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA

Cabe señalar que antes de efectuar el procedimiento para la evaluación de la eficiencia de recuperación de vapores en las estaciones de servicio, es necesario llevar a cabo algunas pruebas con el propósito de preparar la estación a ser evaluada. Estas pruebas previas son: El procedimiento de inspección, Prueba para determinar la caída de presión, prueba dinámica de contrapresión y prueba de bloqueo.

3.1 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

El procedimiento de inspección se llevará a cabo teniendo como base la documentación que el IMP entregue a las autoridades ambientales, como consecuencia de la evaluación de la eficiencia en laboratorio efectuada al SRV's correspondiente.

Los dispositivos o equipos instalados en la estación de servicio a evaluar deberán coincidir con los establecidos en la documentación entregada por el IMP. Para poder continuar con la evaluación "in situ" el SRV's debe aprobar la inspección que las autoridades establezcan en su momento.

El SRV's incluye dispensario, pistolas, mangueras, válvulas, tuberías, tanques y venteo. Las pruebas que deben realizarse son las siguientes:

- Prueba para determinar la caída de presión.
- Prueba dinámica de contrapresión.
- Detección de obstrucción por líquidos en líneas de vapor ó prueba de bloqueo.

3.2 PRUEBA PARA DETERMINAR LA CAÍDA DE PRESIÓN.

La prueba de caída de presión es un método de baja presión el cual es realizado con todos los componentes conectados a la tubería (ver fig. 7 de anexo 5).

Durante la prueba se deberá suspender la venta de combustibles en los dispensarios, debido a que pueden causar pérdidas de presión las que a su vez provocarían un error que se puede interpretar como una fuga. El venteo y el procesador de vapores son bloqueados y cada línea de retorno de vapores es presurizada con N₂ a una presión igual a 2 pulg. de columna de agua, la fuente de N₂ es entonces desconectada y el sistema permanece bajo presión por un período de 5 minutos. El medidor es leído para determinar la magnitud de la pérdida o caída de presión. Los resultados de la prueba son afectados por el volumen de N₂ en el sistema y el espacio de vapores en el tanque.

a) Aparatos de prueba

Los aparatos requeridos son los siguientes:

- Cilindro de nitrógeno y regulador: Cilindro de gas capaz de mantener 2,000 psig de presión, equipado con un regulador de presión de 2 etapas y puerto de aterrizaje. Usar nitrógeno grado comercial
- Válvula de alivio que releve a una presión de 1 psig
- Manómetro Medidor de presión con un rango de 0 a 10 pulg de columna de agua y una precisión de 0.1 pulg.
- Conexiones de prueba: Estas servirán para inyectar N₂ en el sistema y conectar un medidor de presión
- Cronómetro con una precisión de 0.2 segundos

b) Procedimiento preliminar de prueba

- El procedimiento de seguridad consiste en acordar el área de trabajo, eliminando probables fuentes de ignición.
- Determinar el espacio ocupado por vapores en el tanque, este deberá tener un valor mínimo de 10% de la capacidad del tanque pero no menor a 500 gal (2000 lts), para que la prueba sea aceptable. Las tuberías de venteo deberán ser obstruidas durante la prueba para cumplir con el mínimo requerido de espacio ocupado por vapores.
- Remover todas las tapas de accesorios para recuperación de vapores en la fase I.
- Instalar las conexiones para la prueba en un punto accesible del sistema de retorno de vapores corriente abajo de una válvula check conectada al circuito de vapores
- Asegurar el cilindro de nitrógeno y conectarlo a tierra en el tanque o la tubería, conectar la fuente de N₂ al accesorio de prueba
- Bloquear los venteos
- Instalar una válvula de alivio que releve a una presión de 1 psi

c) Procedimiento de prueba

- Abrir el cilindro de N₂ y regular la presión a 5 pulg de columna de agua presurizando el sistema de vapor. Mantener el flujo de N₂ hasta que la temperatura, presión y el flujo se establezcan.
- Cuando la presión se establece en 10 pulg. de columna de agua se debe cerrar la válvula del cilindro de N₂ y activar el cronómetro.
- Anotar la lectura del Manómetro al final de cada minuto.
- Al final de 5 minutos, anotar la presión final de la prueba.

d) Resultados de la prueba

Si la presión necesaria no es mantenida deben seguirse los siguientes pasos:

- Volver a presurizar el sistema
- Inspeccionar y probar todos los componentes visibles y conexiones, usando una solución de jabón.
- Sellar, reparar o reemplazar los componentes o conexiones requeridos.
- Repetir la prueba.

e) Término de la prueba

En caso de haber concluido la prueba satisfactoriamente realice los siguientes pasos:

- Quitar el bloqueo del venteo cuidadosamente para permitir que escape el remanente de presión.
- Remover las conexiones de prueba.
- Desconectar el cilindro de N₂ del puerto de aterrizaje.

f) Reporte

El reporte de resultados deberá contener la siguiente información:

- Identificar la estación de servicio
- Identificar la compañía que realice la prueba y el nombre del responsable de hacerla.
- Anotar el día y la hora
- Enlistar la siguiente información para cada tanque:
 - i. Capacidad del tanque
 - ii. Cantidad de litros de combustible presentes.
 - iii. Espacio ocupado por vapores
 - iv. Presión inicial en pulg de columna de agua.
 - v. Presión al final de cada periodo de un minuto.
 - vi. Presión final después de 5 minutos
- Conclusiones y comentarios.
 - i. Aceptación.
 - ii. Rechazo.
 - iii. Condicionantes.

3.3 PRUEBA DINÁMICA DE CONTRAPRESIÓN

La prueba dinámica de contrapresión o prueba seca, llamada así por no involucrar el bloqueo intencional con combustible, de las líneas de recuperación de vapores, simula la presión requerida para forzar los vapores a regresar al tanque de almacenamiento durante el llenado del tanque del vehículo. Esta prueba es realizada después de la prueba de hermeticidad, pasando N₂ a través de la línea de retorno de vapores a tres flujos constantes. Cada sistema de recuperación de vapores está diseñado para tener un máximo valor de contrapresión. Las tuberías de diámetro pequeño o que presenten obstrucciones en la trayectoria de retorno de vapores restringen el flujo y tienen como resultado un alto valor de contrapresión que no es aceptable (Ver fig. 8 de anexo 5)

a) Aparatos de Prueba

- Cilindro de nitrógeno y regulador: Cilindro de gas capaz de mantener 2,000 psig de presión, equipado con un regulador de presión de 2 etapas y puerto de aterrizaje. Usar un grado de nitrógeno comercial, y regular el descenso de presión a un máximo de 10 psig.
- Válvula de alivio que releve a una presión de 1 psig.
- Válvula de control de flujo y rotámetro capaz de medir exactamente el flujo de N₂ a 20, 60 y 100 pies³/h.
- Medidores de presión (manómetros) con una exactitud de 1/10 pulg. de columna de agua con escala apropiada, como la que se muestra en la *tabla 1*. Cada Manómetro deberá contar con una válvula individual y conexión al aparato de prueba.

tabla 1

MEIDOR	RANGO pulg. de columna de agua
A	0 a 0.5
B	0 a 1
C	0 a 10

- Tubo para simular el llenado del automóvil, compatible con todas las pistolas de recuperación de vapores y equipado con un puerto roscado para un Manómetro.
- Una bomba manual compatible con gasolina para vaciar el líquido en los puntos de recolección. Usar contenedores adecuados para gasolina.

b) Procedimiento preliminar de prueba

- Mantener o realizar los procedimientos de seguridad previamente descritos
- Inspeccionar, armar y probar la operación y la correcta conexión del aparato de prueba.
 - i. Abrir las válvulas de los manómetros
 - ii. Bloquear la pistola con el tubo para simular llenado
 - iii. Abrir la válvula del cilindro de N₂ y presurizar el aparato hasta 5 pulg de columna de agua en el Manómetro de mayor rango ó medidor C, cerrar las válvulas del cilindro de N₂ y del medidor
 - iv. Esperar 5 minutos y abrir las válvulas del medidor y verificar la presión remanente.
 - v. Si alguna pérdida o caída de presión es menor que 0.2 pulg de columna de agua, el aparato se considera hermetico
 - vi. Si la pérdida de presión excede 0.2 pulg de columna de agua, buscar la fuga, apretar, reparar o reemplazar algún componente y repetir la prueba
- Abrir el adaptador anti-retorno de vapores del sistema que por el momento está probando
- Si las válvulas check son parte del sistema, es necesario desmontar, remover el combustible y rearmar
- Remover algún líquido el cual se tenga acumulado en líneas de vapor, pistolas y puntos de recolección de líquidos
- Inspeccionar de manera ocular los componentes del sistema de suministro de combustible para detectar alguna fuga. Apretar, reparar o reemplazar algún componente que presente una fuga

c) Procedimiento de la prueba

- Cerrar las válvulas del cilindro de N₂ que alimenta al aparato de prueba
- Insertar la pistola en el aparato de prueba haciendo un sello hermetico entre el tubo para simular llenado y la misma. Para mejorar el sello puede usarse una ligera película de grasa
- Abrir la válvula del cilindro de N₂ y ajustar la válvula del regulador para controlar el flujo a 20 pies³/h, mientras se mantiene una presión ascendente de por lo menos 2.5 psig.
- Abrir la válvula del Manómetro o medidor A y anotar la lectura de este, que será la magnitud de la contrapresión.
- Repetir los dos pasos anteriores para efectuar la prueba a flujos de 40 y 60 pies³/h usando los medidores apropiados.

d) Resultados de la prueba

Para varias velocidades de flujo a través de la pistola, mangueras, válvulas y tuberías bajo tierra, la contrapresión no deberá exceder los valores reportados en la *tabla 2*.

tabla 2

Máximo valor de contrapresión permitido para varios valores de flujo (pulg de columna de agua)	
a 20 pies ³ /h	0.15
a 40 pies ³ /h	0.45
a 60 pies ³ /h	0.95

e) Obstrucción por líquidos

Cuando el N₂ pasa a través de una tubería obstruida con líquido, puede causar que el Manómetro tenga pulsaciones, indicando una falla en la prueba. La prueba falla debido a una acumulación de líquido en la trayectoria de la línea de retorno de vapor, si esto ocurre, deberán seguirse los siguientes pasos:

- Detener la prueba, cerrar la válvula de control de flujo y desenganchar la pistola.
- Drenar la pistola, manguera de conexión y algún otro componente accesible.
- Reenganchar la pistola, abrir la válvula de control de flujo y volver a probar el sistema.
- Si las pulsaciones persisten, o si el máximo aceptable de contrapresión es excedido, esto indica que la prueba ha fallado y será necesaria una reparación.

f) Reporte

El reporte de resultados deberá contener la siguiente información:

- Identificar la estación de servicio.
- Identificar la compañía que realiza la prueba y el nombre del responsable de hacerla.
- Anotar el día y la hora.
- Enlistar la siguiente información para cada dispensario:
 - i. Número de dispensario y producto(s) que maneja.
 - ii. Marca y modelo de la pistola.
 - iii. Flujo de N₂ en pies³/h.

- Registrar los datos de contrapresión en fracciones de pulg. de columna de agua para 20, 40 y 60 pies³/h.
- Conclusiones y comentarios.
 - i. Aceptación.
 - ii. Rechazo.
 - iii. Condicionantes

3.4 PRUEBA DE BLOQUEO

Para asegurar la efectividad del SRV's, la trayectoria de retorno de vapores deberá estar abierta y no obstruida. La trampa en mangueras o tuberías deberá contener acumulaciones de líquidos, los cuales podrían restringir el flujo de vapores al tanque de almacenamiento. La prueba de obstrucción o prueba mojada, llamada así por involucrar el bloqueo intencional con combustible de las líneas de recuperación de vapores, está diseñada para detectar puntos bajos en la tubería donde los líquidos puedan acumularse. El aparato de prueba es el mismo que se utiliza en la prueba de contrapresión.

a) Procedimiento de prueba

Después de terminar la prueba dinámica de contrapresión a 20, 60 y 100 pies³/h, introducir por lo menos 8 litros de gasolina dentro de cada tubo vertical del dispensario. Después de 5 minutos probar la contrapresión a través de la pistola del dispensario más alejado del tanque. Repetir la prueba para cada tubo vertical del dispensario y anotar los resultados en la hoja de datos.

b) Resultados de la prueba

El valor de la contrapresión no deberá exceder de los límites máximos permitidos ilustrados en la *tabla 2*. Algún resultado mayor que el permitido indica que la tubería bajo tierra se encuentra obstruida por el combustible introducido durante la prueba.

c) Reporte

El reporte de resultados deberá contener la siguiente información:

- Identificar la estación de servicio.
- Identificar la compañía que realiza la prueba y el nombre del responsable de hacerla.
- Anotar el día y la hora.
- Enlistar la siguiente información para cada dispensario:
 - i. Tipos de combustible.

- ii. Marca y modelo de la pistola.
 - iii. Resultados del valor de contrapresión de la prueba de bloqueo en fracciones de pulg de columna de agua para 20, 40 y 60 pies³/h.
- Conclusiones y comentarios.
 - i. Aceptación.
 - ii. Rechazo.
 - iii. Condicionantes.

3.5 PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES DE GASOLINA

Este método se aplicará para determinar la eficiencia de los SRV's instalados en las estaciones de servicio de la ZMCM, mediante el principio de balance de masa.

El propósito de este método es determinar el porcentaje de eficiencia de un SRV's en una estación de servicio. La eficiencia de recuperación de vapores representa el porcentaje de vapores que son recuperados por un SRV's en el momento de suministrar gasolina al tanque del vehículo, en lugar de ser emitidos a la atmósfera.

El método se lleva a cabo mediante la medición simultánea del flux másico de vapores a través de cuatro puntos principales, que se definen a continuación:

$m(1) =$	Flux másico a través del <i>boom</i> en el área de despacho de combustible (punto 1)
$m(2) =$	Flux másico a través de la línea de retorno de vapores (punto 2)
$m(3) =$	Flux másico a través del venteo (punto 3)
$m(4) =$	Flux másico a través del procesador de vapores (punto 4)

Estos puntos de muestreo se ilustran en la (ver fig. 9 de anexo 5).

El porcentaje de la eficiencia de recuperación de vapores se calcula de la siguiente manera:

$$\%E = \frac{m(2)-(m(3)+m(4))}{(m(2)+m(1))} \cdot 100 \quad (12)$$

3.5.1 FLOTILLA VEHICULAR

Para que un vehículo pueda considerarse dentro de la prueba deberá cumplir los siguientes requisitos.

- Pertenecer a la lista de vehículos autorizados por el DDF.
- Usar gasolina Magna Sin
- Verificar que sea posible hacer el sello entre el "boot" y la bocaneta del tanque.
- Cargar por lo menos 15 litros de combustible.
- Cubrir satisfactoriamente la prueba de explosividad.

a) Espacio ocupado por vapores de gasolina en el tanque de almacenamiento

La influencia del espacio vacío ocupado por los vapores de gasolina, puede ser significativa en los resultados de la eficiencia del sistema, por lo que se registrarán las condiciones en las que se realizaron las pruebas.

Para realizar la evaluación el nivel del combustible en el tanque se debe encontrar entre el 40% y el 90% de su capacidad.

3.5.2 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 1

"boot": El "boot" o captador de vapores, será diseñado para recolectar los vapores que se emiten a la atmósfera en el área de despacho de combustible al vehículo. Dicho diseño será basado en el captador de vapores empleado para efectuar la evaluación de la eficiencia en laboratorio.

a) Línea de muestreo para el "boot"

Esta deberá ser tan flexible y ligera como practica, para que el rendimiento de la operación de la pistola no sea afectado por las actividades de la prueba.

En general solo una parte del flujo de vapores en el "boot" es usada para su análisis. La mayoría de las muestras se analizan a un flujo por abajo de 5 pies³/min. (flujo en el "boot") en cada caso, la línea de muestreo del "boot" deberá ser configurada para que una parte del flujo a través de este sea probada y analizada representativamente a las condiciones requeridas por el analizador.

b) Otros accesorios para el muestreo

El tren de muestreo (ver fig. 10 de anexo 5) requiere a partir del "boom" de lo siguiente: 1) trampa de agua, 2) filtro de partículas, 3) trampa de presión, 4) válvula ajustable "bypass" para retorno al SRV's (no es necesaria para este punto), 5) rotámetro y 6) filtro para muestra de entrada al detector de ionización de flama

c) Instrumentos

Para los parámetros monitoreados durante la ejecución de esta prueba, se requiere del equipo descrito a continuación y referido a cada uno de ellos

- **Concentración de hidrocarburos**

Se requiere un detector de ionización de flama con una escala de 1 a 10% volumen y efectuar su calibración con estándares de propano

- **Volumen**

Es necesario usar un medidor de volumen para gases que opere bajo el principio de desplazamiento positivo que haya sido calibrado, como puede ser un *flow meter* o gasómetro, a fin de medir la relación de flujo volumétrico a través del "boom"

Entre las características de este medidor de tipo rotatorio deberá contemplarse una contrapresión menor a:

1. 10 pulg. de columna de agua a una velocidad de flujo de 3,000 pies³/h y hasta 0.05 pulg. de columna de agua a una velocidad de flujo de 30.0 pies³/h

El medidor deberá ser equipado a la entrada, con un termopar con rango de detección de 0 a 65.5°C y un Manómetro con un rango de 0 a menos de dos veces el valor de la contrapresión

- **Presión**

Se necesita un transductor de presión con un rango de diseño de 0 a 1 pulg. de columna de agua, en un Manómetro o medidor magnético, en función de la tubería del "boom" que se elija.

- **Temperatura**

Es indispensable el empleo de un transductor de temperatura con un rango de diseño inicial de 0 a 65.5°C en un termopar, en función de la tubería del "boom" que se halla elegido.

3.5.3 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 2

a) Accesorios

El diseño del tren de muestreo de bombeo que regresará los vapores a la línea de recuperación deberá contemplar lo siguiente:

- Minimizar la longitud de la línea de retorno de vapores entre el "burn" y el punto de muestreo.
- Minimizar la caída de presión al cruzar la línea de bombeo
- Regresar la muestra analizada a la línea de retorno de vapores del sistema.

b) Condiciones

El tren de muestreo deberá ser diseñado para facilitar la adaptación a una manguera coaxial o alguna otra configuración de la estación de servicio que se pueda encontrar.

Se debe instalar una válvula de bola a una pulgada de distancia de la línea de retorno de vapores para que en caso de mantenimiento se pueda aislar esta última de otros accesorios.

c) Otros accesorios para el muestreo

El tren de muestreo (ver fig. 10 de anexo 5) requiere de lo siguiente: 1) trampa de agua, 2) filtro de partículas, 3) trampa de presión, 4) válvula ajustable "bypass" para retorno al SRV's y 5) un rotámetro. El filtro de entrada de muestra para el detector de ionización de flama no se necesita.

d) Instrumentos

Para los parámetros monitoreados durante la ejecución de esta prueba, se requiere del equipo descrito a continuación y referido a cada uno de ellos.

- **Concentración de hidrocarburos.**

Es necesario disponer de un analizador del tipo infrarrojo no dispersivo (IRND), con una escala de 0 a 100% de detección. La verificación y la calibración deberá ser realizada con un estándar apropiado de propano.

- **Volumen**

Se requiere usar un medidor de desplazamiento positivo tipo rotatorio, calibrado con un medidor de gas estandarizado seco o húmedo para medir el flujo volumétrico. Para un flujo alto de descarga de suministro de combustible que corresponda a 45.4 litros por minuto, por lo menos este volumen pasará a través del medidor.

Usar el medidor de desplazamiento positivo tipo rotatorio con un límite de contrapresión menor a:

1.10 pulg de columna de agua a una velocidad de flujo de 3,000 pies³/h y hasta 0.05 pulg de columna de agua a una velocidad de flujo de 30.0 pies³/h

El medidor deberá ser equipado a la entrada con un termopar cuyo rango vaya de 0 a 65.5 °C y un Manómetro con un rango de 0 a menos de dos veces el valor de la contrapresión.

- **Presión**

Deberá utilizar un transductor de presión con un rango de diseño de 0 a 10 pulg. de columna de agua en un Manómetro o medidor magnético.

- **Temperatura**

Deberá usarse un transductor de temperatura con un rango de diseño inicial de 0 a 65.5°C en un termopar.

3.5.4 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 3

a) Accesorios

Los mismos accesorios usados hasta la fecha para las pruebas de certificación de válvulas presión/vacío o venteos deberán seguir siendo usados. Los vapores analizados deberán ser venteados a la atmósfera.

b) Otros accesorios para el muestreo

El tren de muestreo requiere de los siguientes accesorios: 1) trampa de agua, 2) filtro de partículas, 3) trampa de presión, 4) válvula ajustable "bypass" para retorno al SRV's y 5) rotámetro. El filtro de entrada de muestra al analizador de hidrocarburos.

c) Instrumentos

Para los parámetros monitoreados durante la ejecución de esta prueba, se requiere del equipo descrito a continuación y referido a cada uno de ellos

- **Concentración de hidrocarburos**

Es necesario disponer de un analizador del tipo infrarrojo no dispersivo con una escala de 0 a 100% Volumen, o un valor más bajo, el cual se conoce será la máxima concentración posible a condiciones de prueba. La verificación y calibración deberán ser realizadas con un estándar apropiado de propano

- **Volumen**

Deberá utilizar un medidor de desplazamiento positivo tipo rotatorio, calibrado con un medidor de gas estandarizado seco o húmedo para medir el flujo volumétrico. El flujo durante el suministro de combustible al tanque de almacenamiento puede exceder la capacidad del medidor, para este periodo los datos no se incluran en la determinación de la eficiencia. (tales datos son tomados para determinar la eficiencia de la fase I)

Usar el medidor de desplazamiento positivo tipo rotatorio con un límite de contrapresión menor a

1.10 pulg. de columna de agua a una velocidad de flujo de 3,000 pies³/h y hasta 0.05 pulga de columna de agua a una velocidad de flujo de 30 0 pies³/h

El medidor deberá ser equipado a la entrada con un termopar cuyo rango vaya de 0 a 65.5°C y un Manómetro con un rango de 0 a menos de dos veces el valor de la contrapresión.

- **Presión**

Se empleará un transductor de presión con un rango de diseño de 0 a 10 pulg. de columna de agua en un Manómetro o medidor magnético

- **Temperatura**

Se requiere de un transductor de temperatura con un rango de diseño inicial de 0 a 65.5°C en un termopar.

3.5.5 EQUIPO PARA EL PUNTO DE PRUEBA NÚMERO 4

Para la determinación de emisiones en el procesador de vapores (incinerador), el procedimiento de prueba a seguir deberá ser determinado usando los procedimientos de EPA tales como EPA M-211. (ver fig. 10 de anexo 5)

Procedimiento de calibración

Este procedimiento requerirá el registro de las calibraciones que se realicen para cada uno de los equipos como son:

Medidor de volumen
Transductor de temperatura
Transductor de presión
Analizador de hidrocarburos

- **Medidor de volumen**

Deberá ser empleado un método y equipo estándar para calibrar los medidores de volumen. Las curvas de calibración son trazables a los estándares del NIST

- **Transductor de temperatura**

Se deberán calibrar todos los transductores de temperatura los días que se realicen pruebas, al inicio y al final de estas usando hielo para calibrar a 0 °C y alguna fuente de temperatura conocida cerca de 100°C

- **Transductor de presión**

Se calibrarán antes de la prueba con un calibrador de presión estática para un rango de -3 a 3 pulgadas de columna de agua o un rango apropiado de operación. El transductor de presión debe fijarse en cero después de cada prueba

- **Analizador de hidrocarburos**

Seguir las instrucciones del fabricante concernientes al tiempo de recalentado y ajuste. En cada día de prueba antes de iniciar y al fin del día, calibrar en cero con un gas cero menor a 0.3 ppm de hidrocarburos como carbono y con concentraciones conocidas de 30% y 70% en volumen de propano trazables a los estándares del NIST

Antes de la prueba de fase II se deberán calibrar los analizadores en el laboratorio de manera completa y adecuada. Verificar el analizador con concentraciones conocidas de propano para determinar la linealidad. La calibración de los cilindros de hidrocarburos deberá ser verificada contra un cilindro de referencia que permanezca en el laboratorio, antes de cada prueba de campo. Esta información deberá ser introducida e identificada para cada cilindro con su respectivo número de serie. El cilindro de referencia deberá ser verificado nuevamente con un estándar primario cada seis meses y los resultados deberán ser registrados. El cilindro de prueba será recargado o puesto

fuera de servicio cuando el valor ensayado varíe más del 1% o cuando tenga una caída de presión del 10% de la presión original

Procedimiento de prueba

La ubicación del equipo de prueba y medición en los cuatro puntos de muestreo, atienden a la necesidad de monitorear los parámetros de temperatura, presión, volumen y concentración de hidrocarburos en cada uno de ellos y su disposición, también se hace mención de los procedimientos adicionales que para ello se requieran

a) Punto de prueba número 1

• Requerimientos para verificar fugas en el "boot"

Por lo menos una vez durante cada periodo de despacho, las mediciones deberán ser tomadas si es posible con un detector de fuga por el método 21 de la EPA ajustar el "boot" para que las lecturas sean por abajo de 0.1% del límite inferior de explosividad (*Low Explosive Limit* LEL) 2,100 ppm como propano en un diametro de 2.5 cm alrededor del "boot".

• Requerimientos de prueba en el "boot"

La temperatura y presión deberán ser registrados a la entrada del medidor de volumen en el sistema de muestreo del "boot". La muestra de hidrocarburos deberá ser tomada a la salida del medidor de volumen

La muestra en el "boot" deberá tomarse constantemente incluyendo los siguientes periodos

- i. Periodos de despacho y.
- ii. Periodos sin operación que corresponden al tiempo que transcurre a partir del término de un periodo de despacho y hasta el inicio del siguiente periodo de despacho

b) Punto de prueba número 2

En la línea de retorno de vapores se tomarán las muestras de hidrocarburos, la temperatura y presión en un múltiple ubicado a la entrada del medidor de volumen el cual ha sido insertado en un punto en la línea de retorno de vapores. El punto de conexión generalmente está ubicado en la parte inferior del dispensario, la muestra inalterada deberá ser regresada al múltiple de muestreo para ingresar a la línea de recuperación de vapores nuevamente.

c) Punto de prueba número 3

Este punto algunas veces puede estar a la salida del venteo. La instalación del equipo de prueba no deberá intervenir con la operación normal de alguna válvula.

Para fines de esta prueba y en base a las condiciones de presión a las que deben operar los tanques de almacenamiento, este punto solo se evaluará para la fase I de recuperación de vapores. Para la fase II solo se tendrán lecturas de temperatura y presión

d) Punto de prueba número 4

La muestra a la salida del procesador de vapores deberá tomarse desde la salida de la chimenea, corriente abajo del quemador para permitir la mezcla completa de los gases de combustión.

3.5.6 PARÁMETROS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y DE LA TASA VOLUMÉTRICA

Para cada uno de los puntos de muestreo se registrarán los siguientes parámetros:

T = Temperatura

P = Presión

[HC] = Concentración de hidrocarburos

V = Volumen de hidrocarburos

a) Los valores de volumen de vapores medidos se deben corregir a condiciones de presión atmosférica, usando la siguiente ecuación:

$$V = PVI/Pu \quad (13)$$

Donde

V = Volumen corregido

PI = Presión absoluta medida en el puerto de muestreo

VI = Volumen de vapores medido en el puerto de muestreo

Pu = Presión atmosférica

Cabe señalar que la presión medida en los puertos de muestreo es similar a la presión atmosférica en la Ciudad de México, por lo que $V = VI$.

b) La masa se calcula a partir de datos de calibración y mediciones como se indica a continuación

$$m = (MW/385) \cdot [HC] \cdot V \quad (14)$$

De donde

m = Masa

MTW = Peso molecular del gas de calibración

385 = Volumen estándar de una lb-mol a 528°R y 29.92 pulg de Hg

[HC] = Concentración de hidrocarburos

Finalmente con los valores de volumen y masa registrados por el equipo de medición, es posible estimar los valores de Eficiencia de Recuperación de Vapores y Tasa Volumétrica, como se explica en el siguiente capítulo

CAPITULO CUARTO

***EVALUACIÓN DE LA
INFORMACIÓN DE CAMPO***

4.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO PARA OBTENER LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y LA TASA VOLUMÉTRICA

En primer lugar se presentan los datos obtenidos en campo para cada una de las cuatro estaciones de servicio que conforman la muestra, posteriormente se evalúa la eficiencia de recuperación de vapores (E) y la tasa volumétrica (T). Finalmente se calcula la media muestral de la eficiencia de recuperación y de la tasa volumétrica tanto de manera puntual como por intervalo de confianza y se discuten los resultados.

Las unidades de las variables que aparecen en las tablas siguientes son :

- V₁ = Volumen de gasolina suministrado (-) litro
- V_{i2} = Volumen de vapor inicial en el punto 2 (-)litro
- V_{f2} = Volumen de vapor final en el punto 2 (-)litro
- m1 = Masa de hidrocarburos en el punto de prueba 1 (-) miligramos
- m2 = Masa de hidrocarburos en el punto de prueba 2 (-) miligramos
- m4 = Masa de hidrocarburos en el punto de prueba 4 (-) miligramos
- V = Volumen de vapor recuperado (-) litros
- T = Tasa volumétrica vapor/líquido (-) %
- E = Eficiencia de recuperación de vapores (-) %

4.1.1 CÁLCULO DE LA TASA VOLUMÉTRICA (%T)

1. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE VAPORES RECUPERADO (V)

$$V = (V_{f2} - V_{i2}) \quad (15)$$

2. CÁLCULO DE LA TASA VOLUMÉTRICA

$$\%T = (V/V_1) * 100 \quad (16)$$

4.1.2 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (% E)

$$1. \% E = ((m2 - m4) / (m1 + m2)) * 100 \quad (17)$$

para ejemplificar el procedimiento de cálculo considérense los datos de las tablas 3 y 4 referentes al automóvil No 1 de la estación No 1.

a) Cálculo de la tasa volumétrica (%T)

1. Cálculo del volumen de vapor recuperado (V)

$$V = (21272.70 - 21253.32) = 19.38 \text{ litros}$$

2. Cálculo de la tasa volumétrica

$$\%T = (19.38 \text{ litros} / 15.23 \text{ litros}) * 100 = 127.25\%$$

b) Cálculo de la eficiencia de recuperación de vapores (%E)

$$1. \%E = \frac{(23.5109 \text{ miligramos} - 0.4307 \text{ miligramos})}{(0.0213 \text{ miligramos} + 23.5109 \text{ miligramos})} * 100 = 98.08\%$$

Análogamente se obtienen los datos de (%T) y (%E) para los demás casos.

4.1.3 PRESENTACIÓN DE LOS VALORES DE EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Y TASA VOLUMÉTRICA PARA LAS 4 ESTACIONES DE SERVICIO

TABLA 3. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LIQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN 1

AUTO	V ₀	V _{T2}	V _{I2}	V ₂	T
1	15.23	21272.70	21253.32	19.38	127.25
2	18.23	18395.80	18365.40	30.40	166.75
3	9.22	19364.10	19349.50	14.60	158.15
4	22.30	20428.20	20398.40	29.84	133.27
5	25.04	19693.80	19656.76	37.10	148.16
6	23.05	19772.90	19740.10	32.79	142.25
7	15.78	20367.60	20345.80	21.80	138.15
8	18.63	20673.80	20655.50	18.29	98.17
9	23.80	18623.20	18588.50	34.70	45.80
10	21.90	20772.90	20740.30	32.60	148.86
11	12.08	19841.30	19831.10	10.23	84.68
12	17.62	21438.40	21422.00	19.38	127.24
13	19.40	20962.50	20919.80	42.67	108.30
14	18.74	21573.70	21546.10	27.60	147.27
15	26.57	17203.50	17168.90	34.60	130.22
16	21.64	19412.40	19394.10	18.32	84.65
17	18.31	19840.50	19831.20	27.30	149.09
18	9.18	21852.10	20837.80	14.30	155.77
19	15.76	19682.60	19663.10	19.48	123.60
20	30.34	17780.30	17741.67	38.63	127.72
21	23.70	21172.30	20136.10	36.20	152.74
22	19.20	19853.70	19835.30	18.34	95.52
23	9.27	17530.60	17515.78	14.80	160.30
24	12.88	21316.40	21296.10	20.30	157.61
25	50.43	20273.00	20224.40	48.65	96.47
26	16.84	21693.80	21668.00	25.80	153.21
27	27.47	19573.70	19537.90	35.80	130.30
28	26.10	18263.60	18225.40	38.20	146.36
29	20.44	18955.30	18923.80	31.50	154.11
30	19.89	23573.50	23542.60	30.90	155.35

TASA VOLUMÉTRICA (ESTACIÓN No.1)

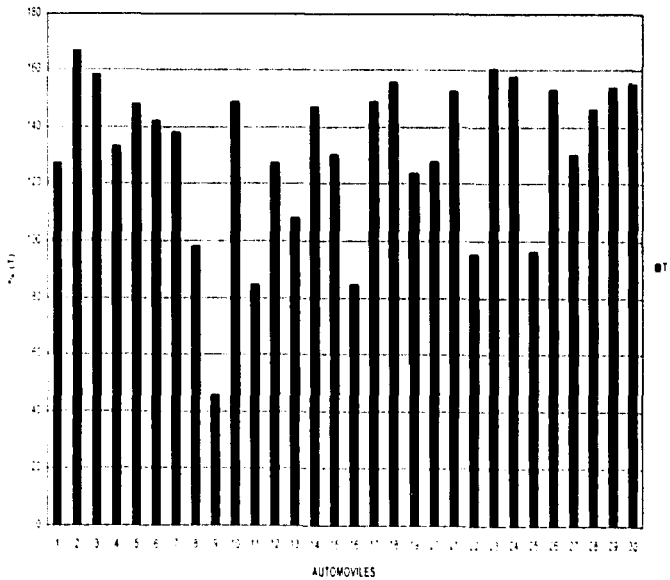


TABLA 4. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 1

AUTO	m1	m2	m4	E
1	0.0213	25.5109	0.4307	98.08
2	0.5219	14.8400	0.8500	91.06
3	0.0368	8.2600	1.0600	86.78
4	3.0236	12.6973	0.2356	79.27
5	0.1300	15.1800	1.2200	91.18
6	0.0509	34.9719	5.3601	84.55
7	1.1270	14.6800	0.7500	88.12
8	1.3604	22.2362	1.9138	86.12
9	1.1245	9.6800	1.0200	80.15
10	0.2017	15.7900	1.6200	88.61
11	0.3246	52.4350	10.1307	80.18
12	0.1123	23.5109	0.4307	98.08
13	1.3968	18.4506	0.2962	91.45
14	0.0631	12.8000	0.6300	94.63
15	2.9176	11.2600	0.9300	72.86
16	3.6863	16.7193	0.0800	81.93
17	0.5903	8.5500	0.5700	87.03
18	0.1427	14.1600	2.1400	84.04
19	1.3612	30.8703	6.1245	76.77
20	0.4711	7.3800	1.0300	80.88
21	1.1013	12.9700	0.8600	86.06
22	1.9237	20.3645	0.0800	91.37
23	2.4742	12.5900	2.1300	70.43
24	0.1816	18.4300	0.6900	95.32
25	4.8205	26.2517	0.0800	84.48
26	1.2020	14.8700	0.6800	88.29
27	0.1343	14.2900	0.9500	92.48
28	3.8165	10.7300	1.1500	65.85
29	0.4237	13.7300	0.6700	92.27
30	0.0326	11.7200	1.1300	90.11

RECUPERACIÓN DE VAPORES (ESTACIÓN No.1)

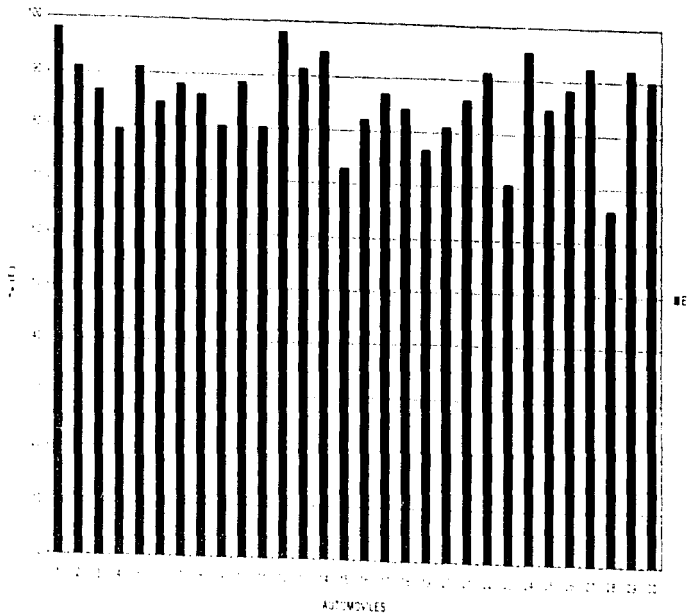


TABLA 5. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (C) DE LA ESTACIÓN 2

AUTO	V ₀	V _{I2}	V _{I2}	V ₂	T
1	27.47	19573.70	19537.90	35.80	130.32
2	34.72	18285.60	18239.30	46.27	133.27
3	18.74	21573.70	21546.10	27.60	94.63
4	23.39	17868.50	17840.40	28.12	120.23
5	26.20	19364.50	19332.90	31.58	120.23
6	21.90	20772.90	20740.30	32.60	88.61
7	15.81	18943.90	18907.60	36.12	100.86
8	25.12	21820.50	21781.10	39.40	156.84
9	19.89	23571.50	23542.60	30.90	155.35
10	47.13	18827.30	18779.00	48.26	102.39
11	23.70	20172.30	20136.10	36.20	152.74
12	19.84	18416.20	18391.00	25.13	126.66
13	13.76	22383.50	22362.10	23.40	155.52
14	14.26	17826.30	17809.90	16.40	135.00
15	16.82	21693.80	21668.00	25.80	153.23
16	23.40	22438.10	22402.00	36.30	155.13
17	20.60	18338.30	18309.80	28.49	138.30
18	9.18	20852.10	20837.80	14.30	155.27
19	49.35	17832.70	17882.00	49.30	99.30
20	14.63	22236.20	22212.60	23.60	161.51
21	39.67	18530.80	18484.00	46.73	117.79
22	25.04	19693.80	19656.70	37.10	148.16
23	50.93	18651.40	18598.00	53.38	104.81
24	20.35	22684.90	22653.10	31.80	156.26
25	51.23	18216.20	18165.30	50.94	99.43
26	12.88	21316.40	21296.10	20.30	157.61
27	56.98	19132.10	19073.50	58.61	102.96
28	18.36	23268.10	23239.70	28.40	154.68
29	44.00	19256.70	19212.90	43.79	99.52
30	15.78	20367.60	20345.80	21.80	138.15

TASA VOLUMÉTRICA (ESTACIÓN No.2)

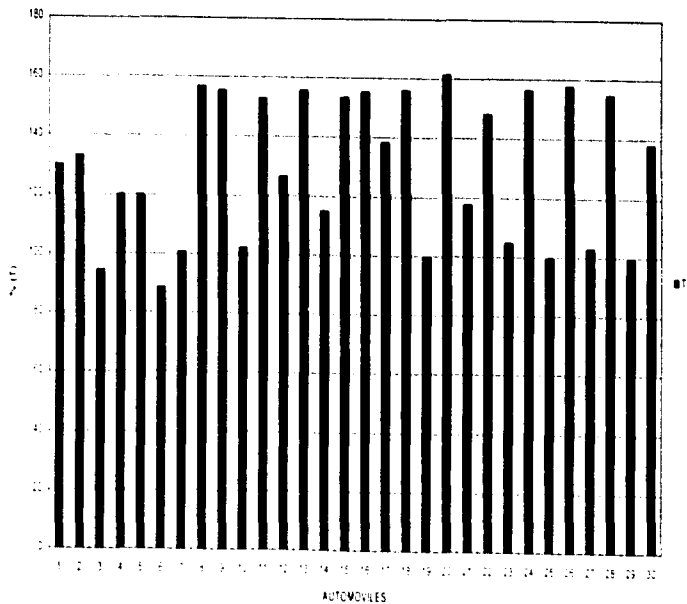


TABLA 6. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 2

AUTO	m1	m2	m4	E
1	0.1343	14.2900	0.9500	94.48
2	3.7914	13.8612	0.0000	78.52
3	0.0631	12.8400	0.6300	94.63
4	0.0423	9.8725	0.2063	97.49
5	0.0975	9.0684	1.1326	87.00
6	0.2017	15.7900	1.6200	88.61
7	0.0126	13.3676	0.0000	99.90
8	0.3804	13.8300	0.8400	91.41
9	0.0326	11.7200	1.1300	90.11
10	0.6853	17.2736	2.8760	80.17
11	1.1013	12.9700	0.8600	86.06
12	0.0107	12.6248	2.3285	81.49
13	0.0337	15.8200	0.6700	95.56
14	0.6954	1.4873	0.0000	83.37
15	1.2020	14.8700	0.6300	88.29
16	0.2714	13.08	1.1600	89.27
17	0.2052	9.5627	0.0000	97.89
18	0.1429	14.1600	2.1400	84.04
19	4.2714	18.6234	0.6056	78.70
20	0.0123	12.2700	0.9200	92.10
21	0.0213	30.6092	6.1832	79.74
22	0.1300	15.1800	1.2200	91.18
23	0.4005	29.7261	4.4318	83.96
24	0.0738	15.4900	0.7300	94.83
25	3.0360	21.4038	3.4217	73.58
26	0.1861	18.4300	0.6900	95.32
27	0.4872	26.4373	0.0900	97.83
28	1.0126	14.9400	0.7300	89.08
29	0.8718	24.6274	3.0278	84.71
30	1.1270	14.6800	0.7500	88.12

RECUPERACIÓN DE VAPORES (ESTACIÓN No.2)

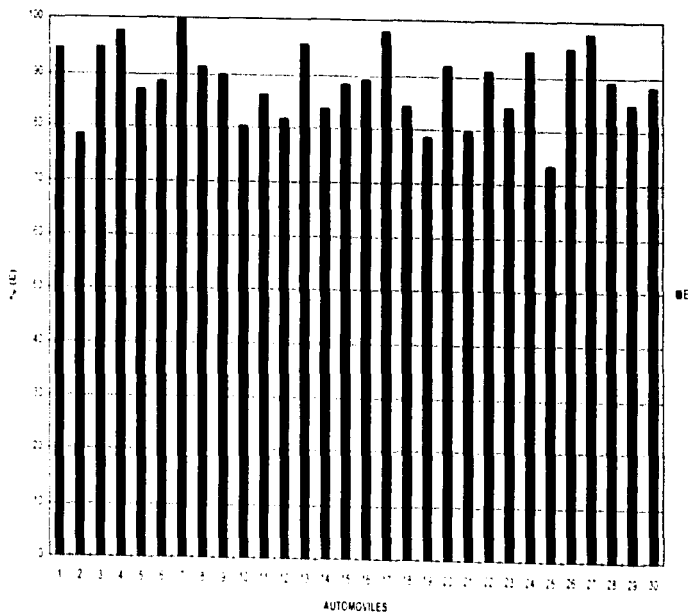


TABLA 7. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN J

AUTO	V ₀	V _{T2}	V _{I2}	V ₂	T
1	50.93	18615.40	18598.00	53.38	104.1
2	35.81	18943.98	18907.70	36.12	100.86
3	44.00	19256.70	19212.90	43.79	99.52
4	23.05	19772.98	19740.10	32.79	142.25
5	50.43	20273.00	20234.40	48.65	96.47
6	18.23	18395.80	18365.40	30.40	166.75
7	30.34	17780.30	17741.67	38.63	127.32
8	26.57	17203.50	17168.90	34.60	130.22
9	18.39	18840.50	18813.20	27.30	149.09
10	9.22	19364.10	19349.50	14.60	158.35
11	34.72	18285.60	18239.30	46.27	133.27
12	39.40	20962.50	20919.80	42.67	308.30
13	22.39	20428.20	20398.40	29.84	133.27
14	15.23	21272.70	21255.30	19.38	122.24
15	39.67	18530.80	18484.00	46.73	117.79
16	18.63	20673.80	20655.50	18.29	98.70
17	21.64	19412.40	19394.10	18.32	84.65
18	47.13	18827.30	18779.00	48.26	102.39
19	12.08	19841.30	18831.50	10.23	84.68
20	17.62	21438.40	21422.00	16.35	92.79
21	19.84	18416.20	18391.00	25.13	126.66
22	26.10	18263.60	18225.40	38.20	146.36
23	23.80	18623.20	18588.50	34.70	145.80
24	9.27	17530.60	17515.74	14.86	160.30
25	20.44	18955.30	18923.80	31.50	154.11
26	19.20	19853.70	19835.30	18.34	95.52
27	26.20	19364.50	19332.90	31.58	120.53
28	56.98	19132.10	19073.50	58.61	102.86
29	15.76	19682.60	19663.10	19.48	121.60
30	20.60	18338.30	18309.80	28.49	138.30

TASA VOLUMÉTRICA (ESTACIÓN No.3)

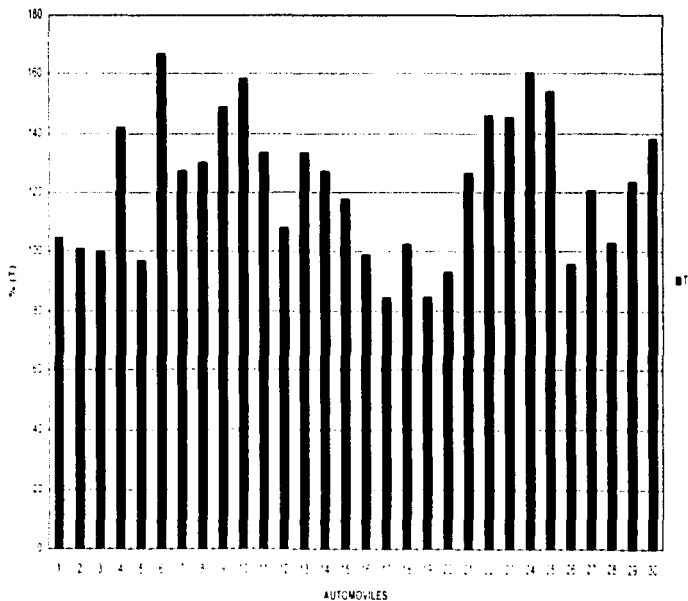


TABLA 8. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 3

AUTO	m1	m2	m4	E
1	0.4005	29.7261	4.4318	83.96
2	0.0126	13.4676	0.0000	99.99
3	0.8718	24.6274	3.01278	84.71
4	0.0509	34.9719	5.3601	84.55
5	4.8205	26.2517	0.0000	84.49
6	0.5219	14.8400	0.8500	91.06
7	0.4711	7.0000	1.0300	80.88
8	2.9176	11.2600	0.9300	72.86
9	0.5603	8.5500	0.5700	87.30
10	0.0368	8.2600	1.0600	86.78
11	3.7914	13.8612	0.0000	78.52
12	1.3968	18.4106	0.2962	91.45
13	3.0236	12.6973	0.2456	79.27
14	0.0213	23.8109	0.4407	98.08
15	0.0213	30.6092	6.1832	79.74
16	1.3604	22.2362	1.9138	86.12
17	3.6863	16.7193	0.0000	81.93
18	0.6853	17.2736	2.8761	80.17
19	0.3246	52.4350	10.1307	80.18
20	0.1123	19.3202	3.7283	80.24
21	0.0107	12.6248	2.3285	81.49
22	3.8165	10.7300	1.1500	65.85
23	1.1245	9.6800	1.0200	80.15
24	2.2742	12.5900	2.1200	70.43
25	0.4237	13.7300	0.6500	92.27
26	1.9237	20.3645	0.0000	91.37
27	0.0935	9.3684	1.1326	87.00
28	0.4872	26.4373	0.0900	97.83
29	1.3612	30.8703	6.1245	76.77
30	0.2052	9.8627	0.0000	97.89

RECUPERACIÓN DE VAPORES (ESTACIÓN No.3)

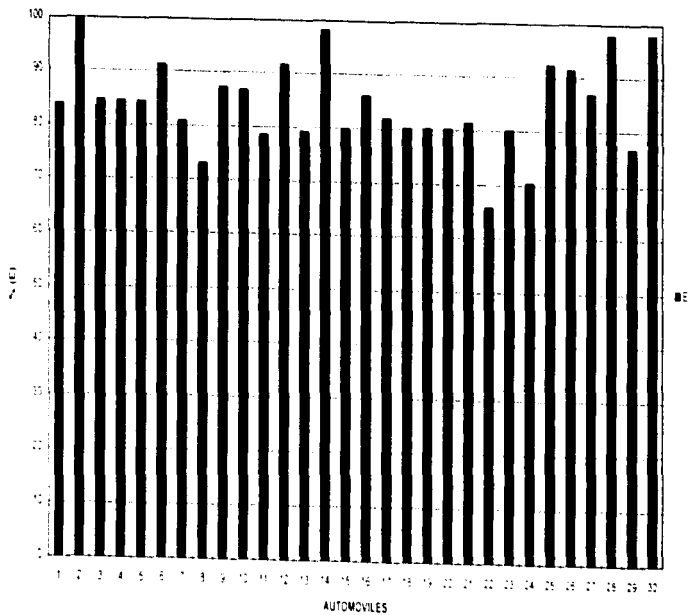


TABLA 9. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN 4

AUTO	V ₀	V _{1/2}	V _{1/2}	V ₂	T
1	18 74	21571 70	21546 10	27 60	147 27
2	18 31	18840 50	18813 20	27 30	149 09
3	25 12	21520 50	21781 10	39 40	156 84
4	15 78	20167 60	20345 80	21 80	138 15
5	27 47	19571 70	19537 90	35 80	131 02
6	132 76	22383 50	22362 10	21 40	155 52
7	26 10	18263 60	18225 40	38 20	146 36
8	23 40	22438 30	22402 80	36 40	155 13
9	21 90	20772 90	20740 30	32 60	148 86
10	23 80	18623 20	18588 50	34 70	145 80
11	18 36	23268 10	23239 20	28 40	154 60
12	14 26	17826 30	17809 90	16 40	133 00
13	30 34	17780 30	17741 67	38 63	127 32
14	12 88	21316 40	21296 10	20 30	157 61
15	16 84	21693 80	21668 00	25 80	153 21
16	9 22	19364 10	19349 50	14 60	158 35
17	19 89	23574 50	23542 60	30 90	155 35
18	9 18	20852 10	20837 80	14 10	155 77
19	26 57	17203 50	17168 90	34 60	136 22
20	49 35	17882 00	17832 20	49 10	99 90
21	20 44	18955 10	18923 80	31 80	154 11
22	14 63	22236 20	22212 60	23 60	160 51
23	18 23	18395 80	18365 40	30 40	166 75
24	51 23	18216 20	18165 30	50 94	99 43
25	23 70	20172 30	20136 10	36 20	152 74
26	23 39	17868 50	17840 40	28 12	120 22
27	9 27	17531 60	17515 74	14 86	160 30
28	20 35	22684 90	22653 10	31 80	156 26
29	25 04	18691 80	186510 7	37 10	148 16
30	18 74	21571 70	21546 10	27 60	147 27

TASA VOLUMÉTRICA (ESTACIÓN No.4)

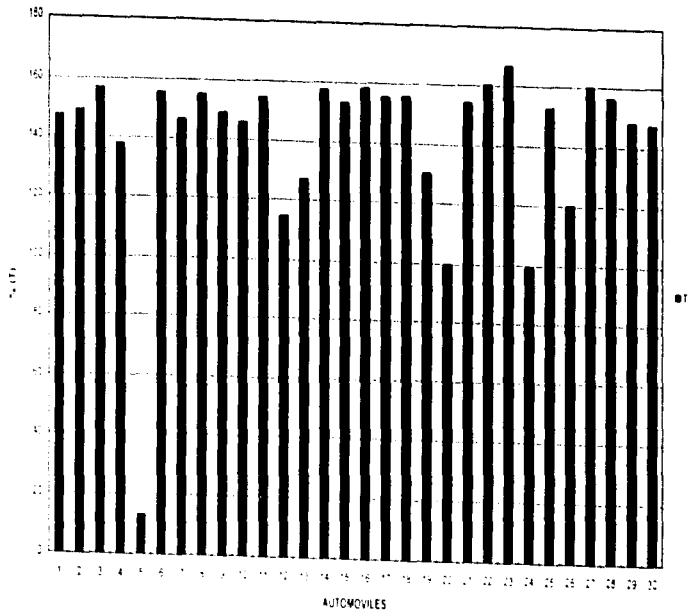
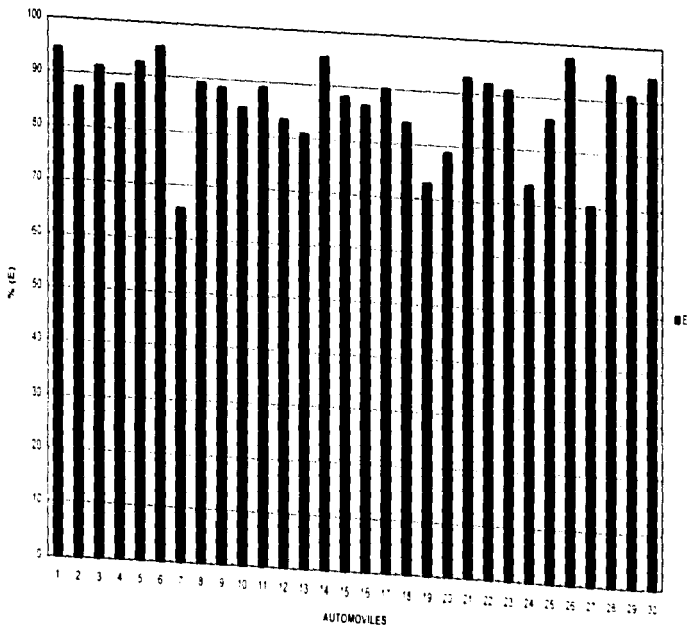


TABLA 10. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACION DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 4

AUTO	m1	m2	m4	E
1	0.0631	12.8400	0.6300	94.63
2	0.5003	8.5500	0.5700	87.30
3	0.3804	11.8300	0.8400	91.41
4	1.1270	14.6800	0.7500	88.12
5	0.1343	14.2900	0.9500	92.48
6	0.0337	15.8200	0.6700	94.56
7	3.8165	10.7100	1.1500	65.85
8	0.2714	13.0800	1.1600	89.27
9	0.2017	15.7900	1.6200	88.61
10	1.1245	9.6800	1.0200	85.15
11	1.0126	14.9400	0.7400	89.08
12	0.6954	1.4873	0.0800	83.37
13	0.4711	7.3800	1.0300	80.88
14	0.1816	18.4400	0.6900	95.32
15	1.2020	14.8700	0.6800	88.29
16	0.0368	8.2600	1.0600	86.78
17	0.0326	11.7200	1.1300	90.11
18	0.1429	14.1600	2.1400	84.04
19	2.9176	11.2600	0.9400	72.86
20	4.2714	18.6334	0.6056	78.70
21	0.4237	13.7400	0.6700	92.97
22	0.0523	12.2700	0.9200	92.10
23	0.5219	14.8400	0.8500	91.06
24	3.0362	21.4038	1.4217	71.58
25	1.1013	12.9700	0.8600	86.06
26	0.0423	9.8725	0.2063	97.49
27	2.2742	12.5900	2.1200	70.43
28	0.0738	15.4900	0.7300	94.83
29	0.1400	15.1800	1.2200	91.18
30	0.0631	12.8400	0.6300	94.63

RECUPERACIÓN DE VAPORES (ESTACIÓN No.4)



RECUPERACIÓN DE VAPORES (ESTACIÓN No.4)

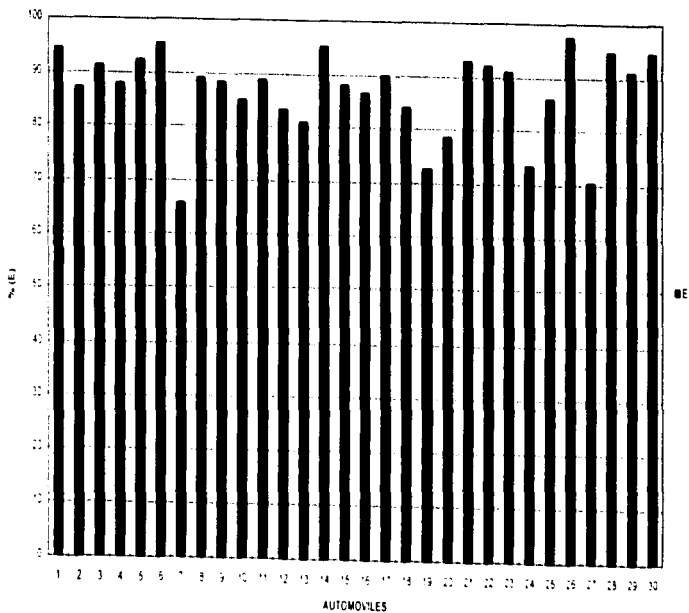


TABLA 11. RESUMEN DE VALORES DE (E) PARA LAS CUATRO ESTACIONES

N° DE ESTACIÓN	E (%)	S (%)	C.V. (%)
1	85.98	7.75	9.01
2	88.58	6.77	7.64
3	84.44	8.16	9.66
4	86.88	8.03	9.24

E=Eficiencia de recuperación
 S=Desviación estándar
 C.V.=Coeficiente de variación

TABLA 12. RESUMEN DE VALORES DE (T) PARA LAS CUATRO ESTACIONES

N° DE ESTACIÓN	T (%)	S (%)	C.V. (%)
1	134.90	21.58	17.48
2	133.63	22.34	16.72
3	122.41	23.89	19.52
4	144.91	17.41	12.01

T=Tasa vapor/líquido

4.2 CÁLCULO DE LA MEDIA DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES TANTO DE MANERA PUNTUAL COMO POR INTERVALO DE CONFIANZA.

4.2.1 MEDIA PUNTUAL

De las cuatro estaciones evaluadas se obtuvieron los siguientes valores de eficiencia de recuperación de vapores:

TABLA 13.

N° DE ESTACIÓN	% E.
1	85.98
2	88.58
3	84.44
4	86.88

Estos datos permiten calcular la media puntual

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (18)$$

Donde X_i = valor de la variable aleatoria
 n = Número de elementos que conforman la muestra=4

$$\bar{X}_1 = \frac{85.98+88.58+84.44+86.88}{4} = 86.47\%$$

4.2.2 LA MEDIA MEDIANTE UN INTERVALO DE CONFIANZA

Para construir el intervalo de confianza se requiere del valor del error estándar de la muestra (S_e)

Primero se obtiene la varianza muestral (S^2)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (19)$$

$$S^2 = \frac{(85.98-86.47)^2 + (88.58-86.47)^2 + (84.44-86.47)^2 + (86.88-86.47)^2}{4-1} = 2.9937$$

3

La raíz cuadrada de (S^2) es el error estándar muestral (S)

$$S = \sqrt{(2.9937)} = 1.7302$$

Luego se calcula el estimador de la varianza de la media para poblaciones finitas ($S^2_{\bar{Y}}$)

$$S^2_{\bar{Y}} = (1-n/N)(S^2/n) = (1-4/20)(2.9937/4) = 0.5987 \quad (20)$$

La raíz cuadrada de $S^2_{\bar{Y}}$ es el error estándar de la media ($S_{\bar{Y}}$)

$$S_{\bar{Y}} = \sqrt{(S^2_{\bar{Y}})} = \sqrt{(0.5987)} = 0.7738 \quad (21)$$

Ahora se construye el intervalo de confianza del 95% con la ecuación (4) expuesta en el capítulo segundo

$$P (\bar{X} - t_{1-\alpha/2} S_{\bar{Y}} < \mu < \bar{X} + t_{1-\alpha/2} S_{\bar{Y}}) = 1-\alpha$$

Donde:

P: Se lee la probabilidad de que μ se halle en el intervalo de $1-\alpha$

\bar{X} = media puntual

$t_{1-\alpha/2}$ = Valor de t (distribución t de student) correspondiente al percentil $1-\alpha/2$ con grados de libertad:

$$n-1 = 3$$

α = Nivel de significación

$S_{\bar{Y}}$ = Error estándar de la media

μ = Medida de la población

$1-\alpha$ = Nivel de confianza

Las variables anteriores toman los siguientes valores

$$\bar{X} = 86.47$$

$$t_{1-\alpha/2} = 3.1825 \quad (\text{de anexo 3})$$

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

$$S_{\bar{Y}} = 0.7738$$

$$1-\alpha = 1-0.05 = 0.95 = 95\%$$

Sustituyendo valores:

$$P(86.47-3.1825*0.7738 < \mu < 86.47+3.1825*0.7738) = 0.95$$

$$P(84.01 < \mu < 88.93) = 0.95$$

4.3 CÁLCULO DE LA MEDIA DE LA TASA VOLUMÉTRICA TANTO DE MANERA PUNTUAL COMO POR INTERVALO DE CONFIANZA.

4.3.1 MEDIA PUNTUAL

De las cuatro estaciones evaluadas se obtuvieron los siguientes valores de tasa volumétrica

TABLA 14

N° DE ESTACION	% T
1	134.90
2	133.63
3	122.41
4	144.91

Estos datos nos permiten calcular la media puntual

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

X_i = valor de la variable aleatoria

n = Número de elementos que conforman la muestra=4

$$\bar{X}_i = \frac{134.90+133.63+122.41+144.91}{4} = 133.96\%$$

4.3.2 LA MEDIA MEDIANTE UN INTERVALO DE CONFIANZA

Para construir el intervalo de confianza se requiere del valor del error estándar de la muestra (S_e)

Primero se obtiene la varianza muestral (S^2)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

$$S^2 = \frac{(134.90-133.96)^2 + (133.63-133.96)^2 + (122.41-133.96)^2 + (144.91-133.96)^2}{3}$$

$$S^2 = 84.77\%$$

La raíz cuadrada de (S^2) es el error estándar muestral (S)

$$S = \sqrt{(84.77)} = 9.2071$$

Luego se calcula el estimador de la varianza de la media para poblaciones finitas (S^2_e)

$$S^2_e = (1-n/N)(S^2/n) = (1-4/20)(84.77/4) = 16.9540$$

La raíz cuadrada de S^2_e es el error estándar de la media (S_e)

$$S_e = \sqrt{(S^2_e)} = \sqrt{(16.9540)} = 4.1175$$

Ahora se construye el intervalo de confianza del 95% con la ecuación expuesta en el capítulo segundo

$$P(\bar{X} - t_{1-\alpha/2} S_e < \mu < \bar{X} + t_{1-\alpha/2} S_e) = 1-\alpha$$

Donde:

P : Se lee la probabilidad de que μ se halle en el intervalo de $1-\alpha$

\bar{X} = media puntual

$t_{1-\alpha/2}$ = Valor de t (distribución t de student) correspondiente al percentil $1-\alpha/2$ con grados de libertad : $n-1 = 3$

α = Nivel de significación

$S_{\bar{X}}$ = Error estándar de la media

μ = Medida de la población

$1-\alpha$ = Nivel de confianza

Las variables anteriores toman los siguientes valores

$\bar{X} = 133.96$

$t_{1-\alpha/2} = 3.1825$ (ver anexo 3)

$\alpha = 0.05 = 5\%$

$S_{\bar{X}} = 4.1175$

$1-\alpha = 1-0.05 = 0.95 = 95\%$

Sustituyendo valores:

$$P(133.96-3.1825*4.1175 < \mu < 133.96+3.1825*4.1175) = 0.95$$

$$P(120.8560 < \mu < 147.0639) = 0.95$$

4.4 RESUMEN DE LAS MEDIAS; COMPARADAS CON LOS LIMITES PERMISIBLES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

TABLA 15.

VARIABLE	PUNTUAL	(S)	INTERVALO DE CONFIANZA	LIMITE PERMITIDO
%E	86.47	1.73	$84.01 < \mu < 88.93$	>80
%T	133.96	9.21	$120.86 < \mu < 147.06$	$\geq 100 \text{ Y } < 190$

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Habiendo obtenido los resultados de las estaciones de servicio objeto de estudio, cabe mencionar lo siguiente: En la estación N° 1 se obtuvo una media para la eficiencia de recuperación de vapores (E) con un valor de 85.98%; valor que comparado con el mínimo permisible el cual debe ser mayor al 80.00%, existe una diferencia de 5.98 unidades, con lo que se puede decir que el sistema de recuperación de vapores instalado en dicha estación cumplió satisfactoriamente. Ahora bien; si se observa la gráfica correspondiente a la estación N° 1 se podrá percatar que existen puntos en la gráfica que quedan fuera del límite mínimo permitido, como lo es el episodio N° 28 (automóvil 28) el cual presenta el valor más pequeño de (E) de entre los 30 episodios de suministro de combustible; sin embargo para fines de la evaluación de la eficiencia de recuperación de vapores de una estación en particular, se considera el valor promedio para la (E), ya que si bien es cierto existen valores por debajo del límite permitido, la gran mayoría se encuentran por arriba de dicho límite. De manera similar se comportaron los datos de las estaciones 2, 3 y 4, en donde se obtuvieron valores promedio para la (E) de : 88.58, 84.44, y 86.88% respectivamente; valores que distan por exceso del de 80.00%, luego entonces la media muestral (media de los cuatro valores de E) corresponde a 86.47%. Así también para la media mediante un intervalo de confianza se obtiene que: $84.01\% < \mu < 88.93\%$ con un nivel de confianza del 95%. Así pues, se puede entonces decir que tanto el intervalo de confianza como la media muestral cumplen satisfactoriamente el límite mínimo permitido de recuperación de vapores de gasolina.

Ahora con respecto a la tasa volumétrica (T) se obtuvieron para las estaciones 1, 2, 3 y 4 medias (\bar{X}) de 134.90, 133.63, 122.41 y 144.91% respectivamente, valores que se encuentran en el rango permisible ya que son mayores o iguales a 100 y menores o iguales a 190.

Si se observan las gráficas de tasa volumétrica (T), al igual que en el caso de las eficiencias se aprecia que algunos puntos de la gráfica quedan fuera del intervalo por defecto sin embargo, ninguno de los datos de (T) queda fuera del rango por exceso, ya que los máximos valores obtenidos de (T) para las cuatro estaciones son de : 166.75, 157.61, 161.65 y 165.00% respectivamente; lo que significa que los datos tienden a agruparse en una zona situada más cerca al límite inferior que del límite superior.

El dato de la media muestral que se obtuvo para este caso es de 133.96% y un intervalo de confianza de : $120.86\% < \mu < 147.06\%$ valores que cumplen con el intervalo permitido para la tasa volumétrica vapor/líquido.

CONCLUSIÓN

El propósito del presente trabajo fue el de estimar la eficiencia promedio (μ) de recuperación de vapores de gasolina en las estaciones de servicio que contaron con sistema de recuperación de vapores en operación hasta el 1^o de febrero de 1997, mediante el estudio estadístico de una muestra representativa de dichas estaciones; aplicando para ello los principios de la estadística inferencial, en donde finalmente se determinó que el tipo de muestreo a efectuar era aleatorio simple y un tamaño de muestra de cuatro estaciones de servicio; obteniéndose para la muestra una media puntual de 86.47% y un intervalo de confianza de : 84.01% \cdot μ \cdot 88.93% con un nivel de confianza del 95%, esto significa que se puede decir con un 95% de probabilidad que la media poblacional de la eficiencia es mayor que 84.01% y menor a 88.93%, luego entonces al comparar dicho intervalo con el límite mínimo permitido el cual indica que debe ser mayor al 80%, el intervalo queda por arriba de dicho límite; por lo tanto cabe mencionar que en la población de estudio se están recuperando mas allá del 80% de vapores de gasolina; mismos que serían emitidos a la atmósfera si no se contara con los sistemas de recuperación. Sin embargo, el hecho de que en el momento en que se llevó a cabo esta evaluación, los sistemas hayan cumplido satisfactoriamente el nivel de recuperación; no es una garantía para los años futuros, por lo anterior, se hace necesario disponer de una normatividad que establezca el procedimiento para evaluar la eficiencia en operación o "in situ" de los sistemas de recuperación de vapores; de tal manera que se efectúen verificaciones periódicas para inspeccionar su adecuado funcionamiento; notificando reparaciones, reemplazando componentes o conexiones si así lo requieren; solo de esta manera se dará un paso adelante en la lucha contra la problemática ambiental en la Ciudad de México.

ANEXO # 1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

AUTOTANQUE. Vehículo automotor equipado para transportar y suministrar hidrocarburos a las estaciones de servicio

BOCATOMA DE LLENADO. Accesorios instalados en el tanque de almacenamiento para el llenado del mismo

BOMBA SUMERGIBLE. Accesorio instalado en el interior del tanque de almacenamiento, para suministrar combustible al dispensario mediante el sistema de control remoto

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES. Tablero donde se localizan los interruptores que controlan el funcionamiento de los motores eléctricos

CONTENEDOR. Recipiente empleado para delimitar líquidos

CONTENEDOR PRIMARIO. Recipiente hermético empleado para almacenar o conducir combustibles (tanques de almacenamiento o tuberías de producto)

CONTENEDOR SECUNDARIO. Recipiente hermético empleado para proteger el contenedor primario y evitar contaminación al subsuelo en caso de que se presente fuga del primario (tanque de almacenamiento de doble pared o tuberías)

DISPENSARIO. Es el elemento con el cual se abastece de combustible al vehículo automotor

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD DE LA VARIABLE ALEATORIA. Es una tabla, gráfica o expresión matemática que de las probabilidades con que una variable aleatoria toma diferentes valores.

EQUIPO DE CONTRAINCENDIO. Instrumentos para combatir el fuego

ESPACIO ANULAR. Espacio libre entre dos contenedores de un tanque de almacenamiento o tuberías de doble pared

ESPECIFICACIONES TÉCNICA. Las especificaciones generales vigentes para proyecto y construcción de estaciones de servicio elaboradas por PEMEX-REFINACION

ESTADÍGRAFO. También llamado estadístico o estimador, es un valor que describe en forma global a una muestra y se denota con letras latinas

MANGUERA DE LLENADO DE TANQUE. Dispositivo que se utiliza para efectuar la operación de descarga de combustible del autotanque al tanque de almacenamiento, la cual debe conectarse herméticamente a la bocatomía de llenado de este último

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS. Se refiere al documento denominado manual de procedimientos de operación, seguridad, y mantenimiento en estaciones de servicio, vigente, elaborado por PEMEX-REFINACION.

MODULO DE ABASTECIMIENTO. Elemento en el cual un vehículo automotor se abastece de combustible a través de un dispensario.

MONITOREO ELECTRÓNICO DE DETECCIÓN DE FUGAS Sensores para detección de líquidos y vapor combustibles localizados en diversos puntos de la estación de servicio y forma parte del sistema de control de inventarios

MUESTRA. Es una porción o subconjunto de unidades elementales extraídas de una población

PARÁMETRO Un valor que describe en forma global a la población y se denota con letras griegas

PISTOLA PARA DESPACHO Accesorio que se encuentra al final de la manguera del dispensario que sirve para suministrar de manera controlada combustible, al tanque de un vehículo automotor

PLAN DE CONTINGENCIA Programa de actividades enfocados a enfrentar una situación de emergencia

POBLACIÓN. Es un agregado o la totalidad de unidades elementales tales como personas, empresas industriales, granjas o datos de cualquier clase acerca de los cuales se desea información

POSICIÓN DE CARGA Cajón de estacionamiento ubicado a los costados del módulo de abastecimiento, precisamente en el dispensario

POZO DE OBSERVACIÓN Abertura practicada en el subsuelo con diámetro aproximado de 5 cm por debajo del límite inferior de las fosas de los tanques de almacenamiento, con objeto de determinar la presencia de hidrocarburos en el subsuelo

POZO DE MONITOREO Abertura practicada en el subsuelo con diámetro aproximado de 5 cm cuya profundidad debe ser de 1.5 metros por debajo del nivel freático, con el propósito de determinar la presencia de hidrocarburos en el subsuelo

PRUEBAS DE HERMETICIDAD Método utilizado para comprobar la existencia de fuga de combustibles en tanques y tuberías

SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS Sistema para emitir reportes de existencias de combustible y agua, capaz de medir su temperatura en los tanques de almacenamiento

SISTEMA DE CONTROL REMOTO Conjunto de elementos para la distribución de combustible a través de una bomba sumergible, instalada en el tanque de almacenamiento

SISTEMA DE DRENAJE Instalaciones para desalojar las aguas negras, aceitosas y pluviales de la estación de servicio

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES Conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para controlar y recuperar los vapores de gasolina producidos en las operaciones de transferencia de combustible en estaciones de servicio

SISTEMA DE PREVENCIÓN DE SOBRELLENADO Conjunto de accesorios instalados en el tanque de almacenamiento para evitar derrames de combustible en la operación de llenado del mismo

TANQUE DE ALMACENAMIENTO Recipiente diseñado para almacenar combustible

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE PARED SENCILLA. Recipiente hermético conformado por un solo contenedor.

TAPA HERMÉTICA. Accesorio instalado en el tanque de almacenamiento que impide la emisión de vapores a la atmósfera.

TUBERÍA DE PRODUCTO Tramos de tubería de doble pared cuya trayectoria va del tanque de almacenamiento hasta el dispensario.

UNIDAD ELEMENTAL. Es la unidad más pequeña sobre la cual se hace una medición.

VÁLVULA DE CORTE RÁPIDO EN MANGUERA Accesorio que corta el flujo de combustible en forma inmediata al presentarse un esfuerzo de sobre tensión en la manguera de despacho.

VÁLVULA SHUT OFF. Accesorio que corta el flujo de combustible o de vapor en forma inmediata al producirse un accidente por colisión que afecte directamente al dispensario

VARIABLE ALEATORIA. Es la función que asigna números o valores a cada uno de los elementos del espacio muestra con una probabilidad definida

VARIANZA. Es una medida de dispersión o variabilidad de los valores que puede tomar la variable aleatoria X correspondiente

ANEXO # 2. NOMENCLATURA.

- μ = Media de una distribución de probabilidad (de la población)
- σ^2 = Varianza de una distribución de probabilidad(de la población)
- σ = Desviación estándar de una distribución de probabilidad
- X = Variable aleatoria
- Xi = Valor de la variable aleatoria
- Z = Variable aleatoria normal estándar
- \bar{X} = Media muestral
- S² = Varianza muestral
- S = Desviación estándar muestral
- σ_e = Error estándar del estadígrafo $\hat{\theta}$
- n = Tamaño de la muestra
- t = Variable aleatoria t de student
- ZMCM = Zona Metropolitana de la Ciudad de México
- DIF = Detector de ionización de flama
- NOM = Norma Oficial Mexicana
- ECOL = Ecológica (referido a las normas NOM)
- SRV's = Sistema de Recuperación de Vapores
- COV's = Compuestos Orgánicos Volátiles
- HC's = Hidrocarburos
- "in situ" = En el lugar, en el sitio
- "hot" = Capturador de vapores
- ERV = Eficiencia de Recuperación de Vapores
- m_{HC} = Masa de hidrocarburos

ANEXO # 3. PERCENTILES DE LA DISTRIBUCIÓN t

g_1	$t(0.60)$	$t(0.70)$	$t(0.80)$	$t(0.90)$	$t(0.95)$	$t(0.975)$	$t(0.99)$	$t(0.995)$	$t(0.9995)$
1	0.3250	0.7270	1.376	3.078	6.3138	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.2885	0.6172	1.061	1.886	2.9080	4.3027	6.965	9.9248	31.598
3	0.2766	0.5840	0.978	1.638	2.3534	3.1825	4.541	5.8409	12.924
4	0.2707	0.5692	0.941	1.513	2.1318	2.7764	3.747	4.6041	8.610
5	0.2672	0.5598	0.9200	1.477	2.0150	2.5706	3.365	4.0321	6.869
6	0.2648	0.5536	0.906	1.440	1.9432	2.4469	3.143	3.7074	5.959
7	0.2632	0.5493	0.896	1.415	1.8946	2.3646	3.098	3.4995	5.408
8	0.2619	0.5461	0.889	1.397	1.8595	2.3060	3.066	3.3554	5.041
9	0.2610	0.5436	0.883	1.383	1.8331	2.2622	2.823	3.2498	4.781
10	0.2602	0.5416	0.879	1.372	1.8125	2.2281	2.764	3.1693	4.587
11	0.2596	0.5400	0.876	1.363	1.7939	2.2010	2.7118	3.1058	4.437
12	0.2590	0.5387	0.873	1.356	1.7823	2.1788	2.681	3.0545	4.318
13	0.2586	0.5375	0.869	1.350	1.7709	2.1604	2.650	3.0123	4.221
14	0.2582	0.5366	0.868	1.345	1.7613	2.1448	2.624	2.9768	4.140
15	0.2579	0.5358	0.866	1.341	1.7530	2.1315	2.602	2.9467	4.073
16	0.2576	0.5358	0.865	1.337	1.7459	2.1199	2.583	2.9208	4.015
17	0.2574	0.5344	0.863	1.333	1.7396	2.1098	2.567	2.8982	3.965
18	0.2571	0.5338	0.862	1.330	1.7341	2.1009	2.552	2.8784	3.922
19	0.2569	0.5333	0.861	1.328	1.7291	2.0930	2.539	2.8609	3.883
20	0.2567	0.5329	0.860	1.325	1.7249	2.0860	2.528	2.8453	3.850
21	0.2566	0.5325	0.859	1.322	1.7207	2.0796	2.528	2.8314	3.819
22	0.2564	0.5321	0.858	1.321	1.7171	2.0739	2.508	2.8188	3.792
23	0.2563	0.5318	0.858	1.319	1.7139	2.0687	2.500	2.8073	3.767
24	0.2562	0.5315	0.857	1.318	1.7109	2.0639	2.492	2.7969	3.745
25	0.2561	0.5312	0.856	1.316	1.7081	2.0595	2.485	2.7874	3.725
26	0.2560	0.5309	0.856	1.315	1.7056	2.0555	2.479	2.7787	3.707
27	0.2559	0.5307	0.855	1.314	1.7033	2.0518	2.476	2.7707	3.6903
28	0.2558	0.5304	0.855	1.313	1.7011	2.0484	2.467	2.7633	3.674
29	0.2557	0.5302	0.854	1.311	1.6991	2.0452	2.462	2.7564	3.669
30	0.2556	0.5300	0.854	1.3062	1.6973	2.0423	2.457	2.7500	3.616
35	0.2553	0.5286	0.8521	1.3062	1.6896	2.0301	2.438	2.7239	3.5919
40	0.2550	0.5281	0.8507	1.3031	1.6839	2.0211	2.423	2.7045	3.5511
45	0.2549	0.5278	0.8497	1.3007	1.6794	2.0141	2.412	2.6896	3.5207
50	0.2547	0.5272	0.8489	1.2987	1.6759	2.006	2.403	2.6778	3.4665
60	0.2545	0.5268	0.8477	1.2959	1.6707	2.0003	2.390	2.6603	3.4606
70	0.2543	0.5265	0.8468	1.2938	1.6669	1.9945	2.381	2.6480	3.4355
80	0.2542	0.5263	0.8462	1.2922	1.6641	1.9901	2.374	2.6388	3.4169
90	0.2541	0.5261	0.8457	1.2910	1.6620	1.9867	2.368	2.6318	3.4022
100	0.2540	0.5258	0.8452	1.2901	1.6602	1.9840	2.364	2.6260	3.3909
120	0.2539	0.5256	0.8446	1.2887	1.6577	1.9799	2.358	2.6175	3.3736
140	0.2538	0.5255	0.8442	1.2876	1.6558	1.9771	2.352	2.6114	3.3615
160	0.2538	0.5253	0.8439	1.2869	1.6545	1.9749	2.350	2.6070	3.3527
180	0.2537	0.5252	0.8436	1.2861	1.6534	1.9733	2.347	2.6035	3.3456
200	0.2537	0.5244	0.8434	1.2858	1.6525	1.9719	2.455	2.6006	3.3400
∞	0.2533	0.5244	0.8416	1.2816	1.6449	1.9600	2.326	2.5758	3.2905

Estos datos fueron extraídos de: Márquez-Dos Santos, María José y Guzmán Arellano, Luz Margarita, Elementos de Muestreo, México, Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza", UNAM, 1995

ANEXO # 4 RELACIÓN DE TABLAS

TABLA 1. MEDIDORES DE PRESIÓN

TABLA 2. MÁXIMO VALOR DE PERMITIDO PARA VARIOS VALORES DE FLUJO/PULG DE COLUMNA DE AGUA

TABLA 3. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN 1

TABLA 4. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 1

TABLA 5. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN 2

TABLA 6. DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 2

TABLA 7 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN 3

TABLA 8 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 3

TABLA 9 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA TASA VAPOR/LÍQUIDO (T) DE LA ESTACIÓN 4

TABLA 10 DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES (E) DE LA ESTACIÓN 4

TABLA 11. RESUMEN DE LOS VALORES DE (E) PARA LAS CUATRO ESTACIONES

TABLA 12. RESUMEN DE LOS VALORES DE (T) PARA LAS CUATRO ESTACIONES

TABLA 13. VALORES DE (E) UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE LAS MEDIAS

TABLA 14. VALORES DE (T) UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DE LAS MEDIAS

TABLA 15. RESUMEN DE LAS MEDIAS COMPARADAS CON LOS LÍMITES PERMISIBLES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

ANEXO # 5 RELACIÓN DE FIGURAS

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

FIGURA 2. EL TEOREMA DEL LÍMITE CENTRAL.

FIGURA 3. CONCEPTO DE LA ESTIMACIÓN POR INTERVALO

FIGURA 4. INTERVALOS CONSTRUIDOS ALREDEDOR DE UN ESTIMADOR PUNTUAL \bar{x}

FIGURA 5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AMPLITUD DE UN INTERVALO DE CONFIANZA: A) COEFICIENTE DE CONFIANZA, B) TAMAÑO DE LA MUESTRA, C) DISPERSIÓN DE LA POBLACIÓN

FIGURA 6. MUESTREO DE ESTACIONES DE SERVICIO QUE CUENTAN CON SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

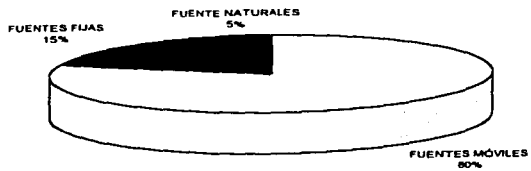
FIGURA 7. CONEXIONES PARA PRUEBAS DE HERMETICIDAD

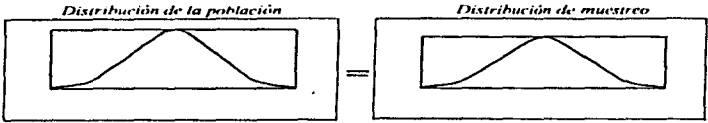
FIGURA 8. APARATO PARA PRUEBAS DE BLOQUEO Y CONTRAPRESIÓN.

FIGURA 9. PUNTOS EN DONDE SE REGISTRAN LOS PARÁMETROS: HC, V, P Y T, EN LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES

FIGURA 10. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO PARA EL MUESTREO EN LOS CUATRO PUNTOS DE PRUEBA.

FIGURA 1. ORIGEN DE LAS EMISIONES EVAPORATIVAS EN EL VALLE DE MEXICO





Para muestras grandes: .

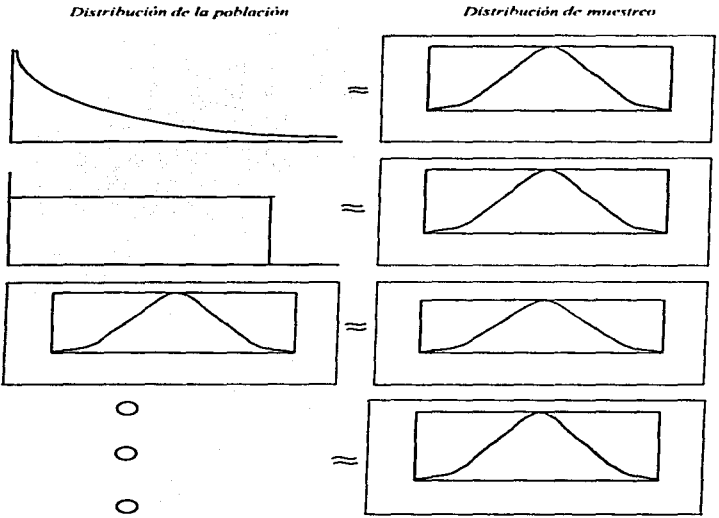


FIGURA 2. EL TEOREMA DEL LÍMITE CENTRAL

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

b) ¿ Proviene el valor estadístico de la muestra del extremo (o cola) superior de la distribución de muestreo, como se indica aquí?

c) ¿ Proviene el valor estadístico de la muestra del extremo (o cola) inferior de la distribución de muestreo, como se indica aquí?

d) Como no hay forma de estar seguro, se supone lo peor y se establece un intervalo de valores verdaderos posibles.

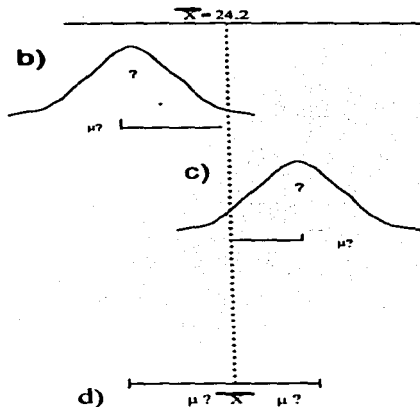


FIGURA 3. CONCEPTO DE LA ESTIMACIÓN POR INTERVALO.

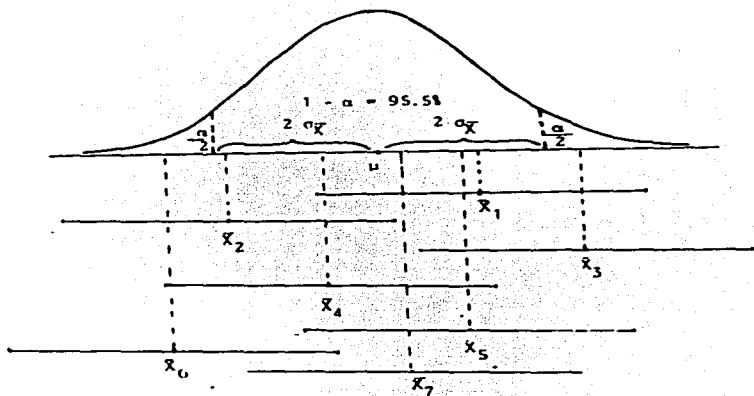


FIGURA 4. INTERVALOS CONSTRUIDOS ALREDEDOR DE UN ESTIMADOR PUNTUAL \bar{x} .

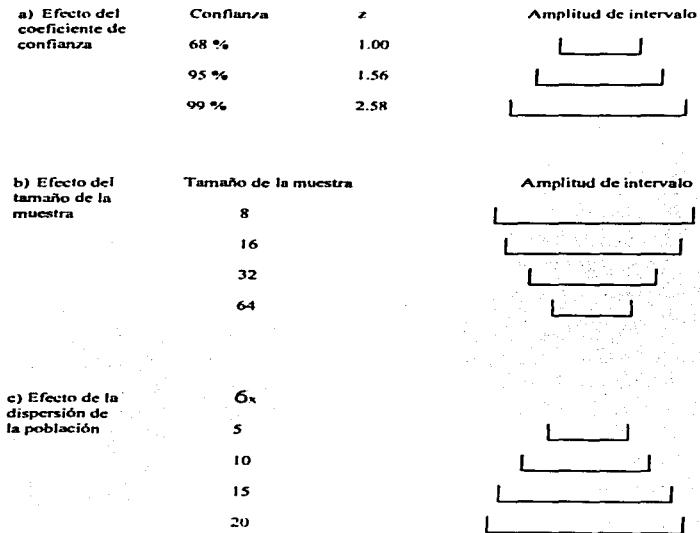
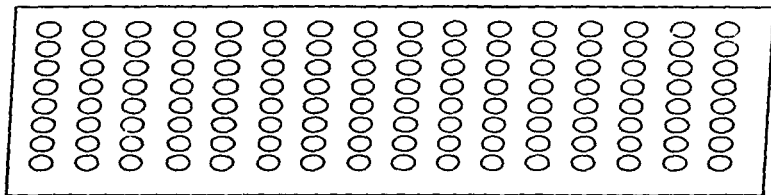
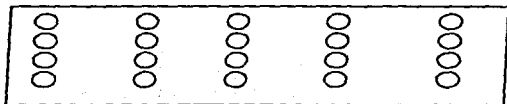


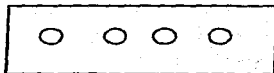
FIGURA 5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA AMPLITUD DE UN INTERVALO DE CONFIANZA. A) COEFICIENTE DE CONFIANZA, B) TAMAÑO DE LA MUESTRA, C) DISPERSIÓN DE LA POBLACIÓN.



UN TOTAL DE 400 GASOLINERAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CD. DE MÉXICO



20 GASOLINERAS (POBLACION TOTAL)



4 GASOLINERAS (MUESTRA)

FIGURA 6. MUESTREO DE ESTACIONES DE SERVICIO QUE CUENTAN CON SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

CONEXIONES PARA PRUEBAS DE HERMETICIDAD

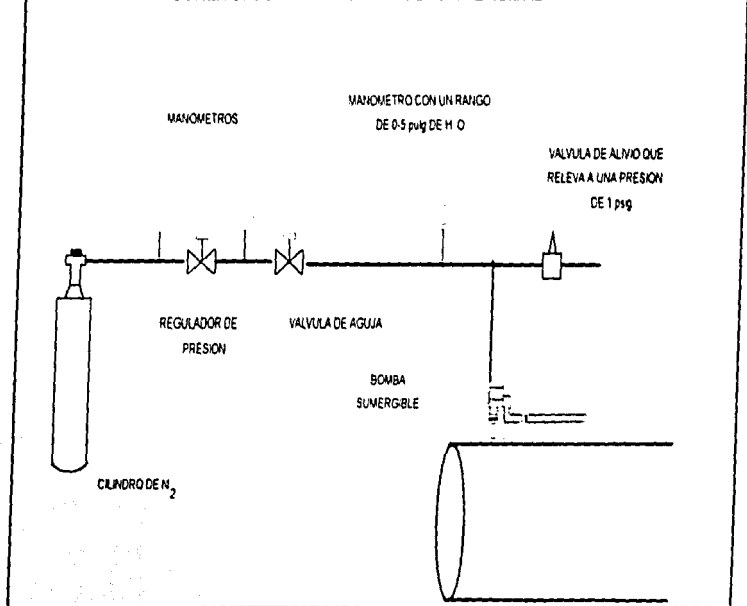


FIGURA7. CONEXIONES PARA PRUEBAS DE HERMETICIDAD

APARATO PARA PRUEBAS DE BLOQUEO Y CONTRAPRESION

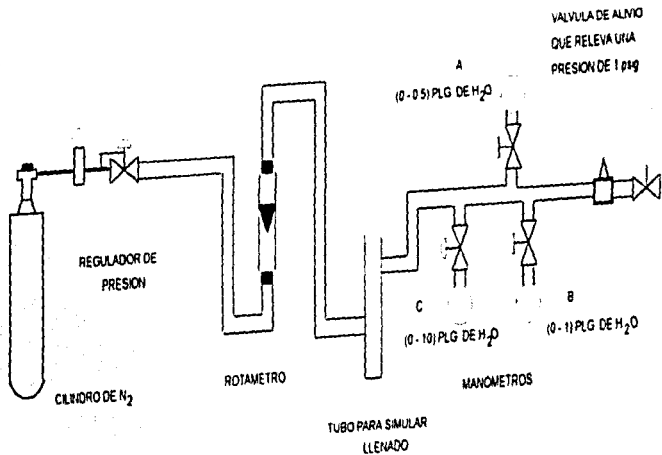


FIGURA 8. APARATO PARA PRUEBAS DE BLOQUEO Y CONTRAPRESION

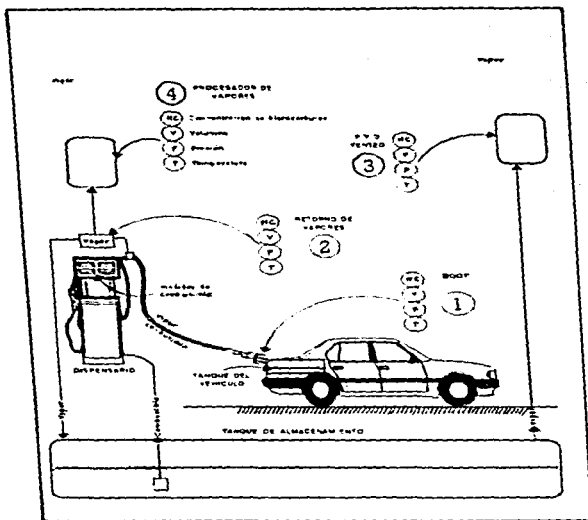


FIGURA 9. PUNTOS EN DONDE SE REGISTRAN LOS PARÁMETROS: HC, V, P Y T, EN LOS SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE VAPORES.

TREN DE MUETREO AL ANALIZADOR DE HIDROCARBUROS

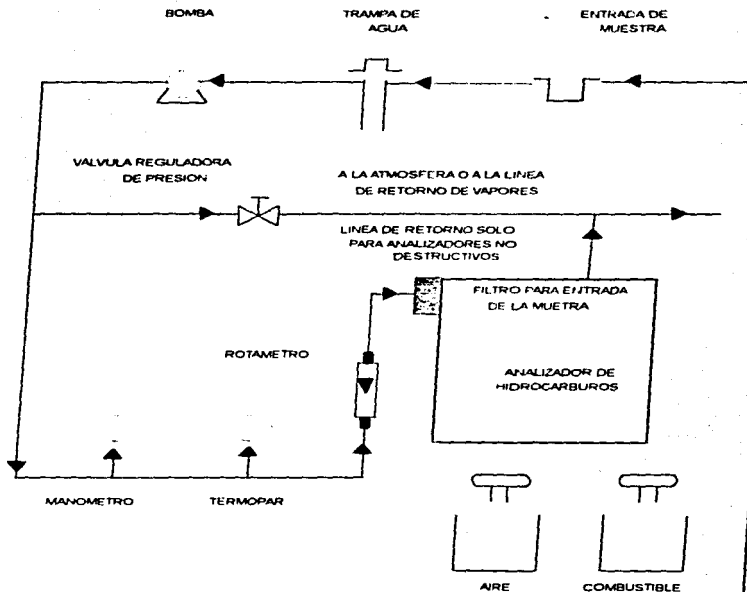


FIGURA 10. CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO DE MUESTREO EN LOS CUATRO PUNTOS DE PRUEBA.

ANEXO # 6 NÚMEROS ALEATORIOS

RENGLON/CO LUMNA	1	2	3	4	5	6
1	62590	36207	20969	99570	91291	90760
2	91965	34095	52666	19174	19615	99505
3	49340	32081	30680	19655	61348	58629
4	71341	57004	00849	79917	97758	16379
5	49684	68672	14110	06927	01263	54613
6	98655	150513	21916	81825	44394	42880
7	44013	48840	62214	21069	10634	12952
8	69014	68045	18425	84903	42508	32309
9	25311	12566	58678	44947	05585	56941
10	08158	17983	16419	11458	18539	64952
11	90106	31595	01547	85580	91610	78188
12	52180	28847	12214	90515	33703	90322

Estos datos fueron extraídos de Scheaffer, Richard, Elementos de Muestreo, Tercera Edición, Grupo Editorial Iberoamericana, 1987, página 306.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Marques de Cantú, María José, Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico - Biológicas, México D.F., McGraw-Hill, 1990.
- (2) Spiegel, Murray R., Teoría y Problemas de Probabilidad y Estadística, México D.F. McGraw-Hill, 1982
- (3) Cochran, William G., Técnicas de Muestreo, México D.F., Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
- (4) Hogg, Robert V. y Tanis, Eliot A., Probability and Statistical Inference, 4a edición, New York, Macmillan Publishing Company, 1993
- (5) Degroot, Morris H., Probabilidad y Estadística, 2a Edición, USA, Addison-Wesley Iberoamérica, 1991
- (6) Marques Dos Santos, María José y Guzman Arellano, Luz Margarita, Elementos de Muestreo, México, Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza" UNAM, 1995.
- (7) Spiegel, Murray R., Estadística, 2a Edición, México, McGraw-Hill, 1995
- (8) Bethea, Robert M., Statistical Methods For Engineers and Scientists, Volumen 15, USA, Marcel Dekker Inc., 1990, Serie Textbooks and Monographs
- (9) Casella, George y Berger Roger L., Statistical Inference, USA, Wadsworth & Books/Cole Advanced Books & Software Pacific Grove, 1990
- (10) Scheaffer, Richard L., Elementos de Muestreo, 3a Edición, México, Grupo Editorial Iberoamérica, 1989
- (11) Mausel, Louis y Ardila Cuellar, Germán, Probabilidad y Estadística, Colombia, Fondo Educativo Interamericano, 1991
- (12) Wads Worth, G. P. y Bryan J.G., Aplicaciones de la Teoría de Probabilidades y Variables Aleatorias, España, Alhambra, 1989
- (13) Roxy, Peck, y Devore Jay, Statistics, USA, West Publishing Company, 1990
- (14) Walpole, Ronald E., Estadística Matemática con Aplicaciones, 4a Edición, México, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1990
- (15) Sans Fonría, Ramon y Ribas, Joan de Pablo, Ingeniería Ambiental, Contaminación y Tratamientos, España, Marcombo, 1989
- (16) Cantu Martínez, Pedro Cesar, Contaminación Ambiental, México, Ecología Diana, 1992
- (17) Turk, Amos, Ecología Contaminación- Medio Ambiente, Interamericana, 1986
- (18) Shaheen, Esber Y., Technology of Environmental Pollution Control 2a Edición, USA, Pennweell Books, 1992
- (19) Hadjes, Laurent, Environmental Pollution, 2a Edición, USA, Holt, Rinehart and Winston, 1987
- (20) Davis, Kigsley, La Ciudad su Origen Crecimiento e Impacto en el Hombre, España, H. Blume Ediciones, 1989

- (21) Barry, R G. y Charley R.J., *Atmósfera, Tiempo y Clima*, 3a Edición, España, Ediciones Omega S. A. 1990
- (22) Ramamorthy S. and Baddaloo *Evaluation of Environmental Data for Regulatory and Impact Assessment*, USA, Elsevier, 1991
- (23) Vizcaino Murray, Francisco, *La Contaminación en México*, México, Fondo de Cultura Económica 1992
- (24) "Especificaciones Generales para Proyecto y Construcción de Estaciones de Servicio" PEMEX-Refinación Edición 1994
- (25) Norma Oficial Mexicana NOM-092-1994, que regula la contaminación atmosférica y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de SRV's de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 20 de septiembre (1994)
- (26) Norma Oficial Mexicana NOM-093-ECOL-1994 que establece el Método de Prueba para Determinar la Eficiencia de Laboratorio de sistemas de Recuperación de Vapores de Gasolina en Estaciones de servicio y de Autoconsumo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 20 de septiembre (1994)
- (27) 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*, Período 1987-1994, México D.F. Abril, 1995
- (28) Norma AVIII-30 Clasificación de Áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico en las Instalaciones de las Terminales, Agencias de Venta y Ductos de Transporte, Norma de Seguridad, Editada por PEMEX-Refinación, México D.F., 1987
- (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) Petróleos Mexicanos, Criterio Normativo de Diseño de Áreas de Almacenamiento, Tanques Atmosféricos Verticales, México D.F., PEMEX-Refinación 1987
- (31) 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 de 1994
- (32) Gasoline Facilities Phase I & II, Compliance Assistance Program, California Air Resources Board, Compliance Division, October 1988
- (33) Efficiency Evaluation of Several Vapor Recovery System for Service Stations in Mexico City, primera Conferencia y Exposición para la Purificación de Aire y las Oportunidades Comerciales, 26 al 30 de Septiembre, Toronto Canada, 199
- (34) Método de Prueba para Sistemas de Recuperación de Vapores para la República Federal de Alemania, reporte final del Tuv Rheinland, Sobre el Proyecto de Investigación No 10408508 de la Procuraduría Federal del Medio Ambiente de Alemania
- (35) Stevenson William J., *Estadística Para Administración y Economía*, México, Harla, 1987
- (36) Onespex Nacional, Instituto Mexicano del Petróleo, Mensual, México D.F., No. 9, Septiembre de 1995

(37) Cardona Ramirez José Ivan, Flores García Daniel. Análisis Comparativo de los Resultados Obtenidos en Laboratorio Durante la Evaluación de Sistemas de Recuperación de Vapores Para Estaciones de Servicio. Lic. En Ingeniería Química, Universidad Nacional Autónoma de México- Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza", México D.F. 1997.