INFORMES TÉCNICOS

Prácticas apropiadas para disminuir los riesgos ambientales por el manejo de gasolina en estaciones de servicio

Efraín Altamirano Sánchez
Georgina Fernández Villagómez

COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN

Área de Riesgos Químicos

CENAPRED

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Lic. Santiago Creel Miranda
Secretario de Gobernación

Lic. María del Carmen Segura Rangel
Coordinadora General de Protección Civil

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

M. en I. Roberto Quaas Weppen
Director General

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Coordinador de Investigación

M. en I. Enrique Guevara Ortiz
Coordinador de Instrumentación

M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez
Coordinador de Difusión

Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel
Coordinadora de Capacitación

Profra. Carmen Pimentel Amador
Secretaria Técnica

1ª edición, diciembre 2001
CI/RQ-10122001

©SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Abraham González Núm. 48,
Col. Juárez, Deleg. Cuauhtémoc,
C.P. 06699, México, D.F.

©CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal Núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Deleg. Coyoacán, C.P.04360, México, D. F.
Teléfonos:
(55) 54 24 61 00
(55) 56 06 98 37
Fax: (55) 56 06 16 08
e-mail: editor@cenapred.unam.mx
www.cenapred.unam.mx

© Autores: Efraín Altamirano Sánchez y Georgina Fernández Villagómez

Edición: Violeta Ramos Radilla
Portada: D.G. Demetrio Vázquez y Susana González
Responsable de la Publicación: M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez

ISBN: 970-628-616-0
Derechos reservados conforme a la ley
IMPRESO EN MÉXICO. *PRINTED IN MEXICO*

Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

Sistema Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres

PRÁCTICAS APROPIADAS PARA DISMINUIR LOS RIESGOS EN EL MANEJO DE LAS GASOLINAS EN ESTACIONES DE SERVICIO

Efraín Altamirano Sánchez
Georgina Fernández Villagómez

Coordinación de Investigación

Área de Riesgos Químicos

CONTENIDO

RESUMEN.....i
ABSTRACT.....ii

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN 1
1.1 OBJETIVO..... 2

CAPÍTULO II LA GASOLINA..... 5
2.1 PROPIEDADES REQUERIDAS..... 5
2.1.1 Evolución de las gasolinas en México..... 6
2.2 PRODUCCIÓN EN MÉXICO Y UBICACIÓN 8
2.3 LEGISLACIÓN 12
2.3.1 Antecedentes..... 12
2.4 LEGISLACIÓN SOBRE COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES 15
2.4.1 Norma Oficial Mexicana..... 16
2.4.2 Normatividad en Estados Unidos..... 17

CAPÍTULO III ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN 19
3.1 COMERCIALIZACIÓN..... 19
3.2 ALMACENAMIENTO. 23
3.3 SITIOS EXPUESTOS A LA CONTAMINACIÓN POR COMBUSTIBLES. 24
3.3.1 Principales fuentes de contacto y sus consecuencias..... 25
3.4 ACCIDENTES OCURRIDOS EN EL PERIODO 1990-1995 EN EL PROCESO DE COMERCIALIZACIÓN DE GASOLINAS AUTOMOTRICES Y DIESEL..... 26

CAPÍTULO IV CONTAMIN ACIÓN DE SUELOS Y MANTOS ACUÍFEROS POR GASOLINAS 35
4.1 CARACTERÍSTCAS DE LOS BTEX..... 37
4.1.1 Proceso de transporte y biodegradación de los BTEX..... 37
4.1.1.1 Infiltración de los BTEX..... 38
4.1.1.2 Biodegradación de los hidrocarburos ligeros (LNAPL'S) 39
4.1.1.3 Comportamiento de los BTEX en presencia de agente oxidantes como metanol..... 39
4.1.2 Análisis de suelos y agua contaminada por gasolina..... 40
4.2 TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS PARA EL CONTROL DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS..... 41
4.2.1 Monitoreo para la identificación y caracterización de sitios con Napl's..... 42
4.2.2 Designar un sistema de Monitoreo de agua subterránea..... 43
4.2.2.1 Factores por considerar en un sistema de monitoreo..... 43
4.2.2.2 Estándares de limpieza..... 44
4.2.2.3 Verificación de limpieza 44
4.2.2.4 Resolución de problemas de suelos contaminados por hidrocarburos 44
4.2.2.4.1 Acciones tecnológicas correctivas 45
4.3 TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO DEL SUELO Y EL AGUA SUBTERRÁNEA..... 46
4.3.1 Selección de la tecnología..... 46
4.3.1.1 Información de la fuga..... 48
4.3.2 Restauración de suelos..... 48
4.3.2.1 Venteo del suelo..... 48
4.3.2.1.1 Algunos factores 49
4.3.2.2 Biorrestauración 49
4.3.2.2.1 Consideraciones teóricas..... 50
4.3.2.2.2 Algunos factores 50
4.3.2.2.3 Escala temporal..... 50
4.3.3 Lavado del suelo..... 51
4.3.4 Saneamiento de agua subterránea..... 52

CAPÍTULO V PROPUESTA PARA LA MINIMIZACIÓN DE RIESGOS 55
5.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE CONTENEDOR..... 55
5.1.1 Fabricación de tanques de almacenamiento para combustibles.. 56
5.2 INSTALACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO (TAS'S)..... 58
5.3 PREVENCIÓN DEL SOBRELLENADO DE LOS TANQUES Y DE LOS CONTENEDORES DE DERRAMES..... 59
5.4 CONTENCIÓN SECUNDARIA..... 60
5.4.1 El contenedor secundario..... 61
5.4.2 Tanques de doble pared..... 61
5.5 DETECCIÓN DE FUGAS..... 62
5.6 INSTALACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A NIVEL DE PISO EN ESTACIONES DE SERVICIO..... 67
5.7 RECUPERACIÓN DE VAPORES..... 68

CONCLUSIONES..... 71
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS 73

APÉNDICE A LEGISLACIÓN SOBRE COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES 77
APÉNDICE B ACCIDENTES OCURRIDOS CON COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES EN EL PERIODO 1990-1995..... 83
ANEXO INSTRUCTIVO PARA DESARROLLAR Y PRESENTAR LA MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA ESTACIONES DE SERVICIO 89

PRÁCTICAS APROPIADAS PARA DISMINUIR LOS RIESGOS AMBIENTALES

POR EL MANEJO DE LAS GASOLINAS

EN ESTACIONES DE SERVICIO

RESUMEN

El presente documento se elaboró con la finalidad de proporcionar opciones técnicas y tecnológicas para la reducción de riesgos en las estaciones de servicio. Está constituido básicamente por cinco bloques que engloban temas relacionados con la producción, almacenamiento y distribución de gasolinas, así como las tecnologías más adecuadas para la prevención de fugas y derrames en las instalaciones de las estaciones de servicio y para la restauración de suelos y agua subterránea contaminados con estos hidrocarburos.

La parte inicial del estudio muestra un panorama general de la problemática que presenta México en este rubro.

Para el desarrollo de este trabajo fue indispensable la inclusión de las características de las gasolinas, para su producción en México, la ubicación de las plantas productoras y el número de estaciones de servicio que realizan la comercialización; así como un marco histórico de su evolución a nivel nacional. Así mismo, se consideró la Legislación Nacional relacionada con el manejo, almacenamiento y comercialización de los combustibles automotrices; además de publicaciones oficiales de los Estados Unidos de América que contienen información valiosa vinculada con el tema.

Este documento se analizan los accidentes ocurridos con combustibles automotrices y que son pieza clave para establecer las zonas geográficas de la República Mexicana más expuestas a las características de los compuestos químicos, constituyentes de la gasolina que presentan mayor peligrosidad para el ambiente y la salud pública.

Las fugas y derrames de gasolina ocurren por diversas causas. Algunas de ellas, pueden ser: tanques en mal estado (corrosión y fisuras) y tuberías mal conectadas y/o con los mismos problemas que los tanques. Para restaurar los sitios contaminados se describen algunas de las tecnologías más usadas a nivel internacional y las prácticas para evitar que la contaminación, una vez ocurrida, se propague y deteriore con severidad los ecosistemas. Las opciones que seleccionaron para solucionar este problema en las estaciones de servicio fueron: la instalación de tanques de almacenamiento y tuberías de doble pared, así como los equipos y técnicas para la prevención de fugas y derrames. Dichas opciones proponen sistemas de monitoreo intersticial en cualquier equipo que maneje y/o almacene gasolina.

ABSTRACT

This document was developed to propose technical and technological options for risk reduction of gas stations. The study is divided into five large sections, that deal with gasoline production, storage and distribution, as well as with technologies for leak and spill prevention and with restoration of soils and underground water polluted by gasolines.

A general view of the problem in Mexico is initially presented.

The characteristics of the gasolines in Mexico, their production, location of production plants and number of gas stations are presented; the historical evolution within the country is also described. The Mexican regulations, related to handling, storage and sale of automotive fuels are discussed official regulations and publications related to the subject are analyzed.

The accidents related to automotive fuels were analyzed as a basis to establish the geographical zones where the hazard related to soil and underground pollution is highest.

Basic information on the characteristics of chemical components of gasoline is presented, with emphasis on the most hazardous ones to the environment and public health.

Leaks and spills and/or due to several causes, among which the most outstanding are: deteriorated tanks (cracked, and for corroded), inadequate connections among pipelines, and cracked or corroded pipes. The most widely used technologies internationally to restore contaminated sites are described; included are the practices to avoid the propagation and the deterioration of the ecosystem once the contamination has occurred. Several options are recommended to solve this problem, e.g. the use of double-walled tanks and pipelines, as well as equipment and techniques aimed at preventing leaks and spills. Such options include interstitial systems for storage and handling equipment.

CAPÍTULO 1

PRÁCTICAS APROPIADAS PARA DISMINUIR LOS RIESGOS AMBIENTALES EN EL MANEJO DE LAS GASOLINAS EN ESTACIONES DE SERVICIO

Introducción

La protección del ambiente es una responsabilidad que involucra a toda la población, la causa que ha provocado este hecho es el decremento en el nivel de vida que se ha experimentado, básicamente en estas tres últimas décadas, entre otras cosas, por la contaminación de suelos y aguas subterráneas por la presencia de combustibles automotrices (gasolinas y combustibles diesel). Si se considera, por un lado, que el desarrollo de cualquier País del mundo se encuentra íntimamente ligado al consumo de energía y, por el otro, que la demanda de ésta ha crecido aceleradamente en el presente siglo, se entenderá el origen de la mayor parte de los accidentes y como consecuencia la contaminación de suelos y mantos acuíferos.

Por ejemplo, en México, en el año de 1938, se consumían 83,000 barriles por día (crudo + líquidos + gas natural equivalentes); para 1992, el consumo se incrementó a 2,174,852 barriles por día (crudo + líquidos + gas natural equivalentes)[1]. Para que este fenómeno se ha llevado a cabo, fue necesaria la instalación de nuevas zonas de almacenamiento y estaciones de servicio. Paralelamente las flotillas de autotanques (pipas) aumentaron para poder transportar los grandes volúmenes que se han demandado. En estas últimas dos etapas es donde se origina el mayor número accidentes.

En la base de datos (ACQUIM) que sustenta el CENAPRED, se encontraron tan sólo en el periodo 1990-1995, más de un centenar de accidentes, en los cuales se involucra la gasolina. Los más abundantes son derrames y fugas en estaciones de servicio detectados en los drenajes con un índice de explosividad frecuente de hasta 90%. Otros accidentes que ocurren con frecuencia son choques y volcaduras de carros tanque que transportan gasolina, que llegan a derramar hasta 50,000 litros de este combustible. La detección de estos accidentes fue por percepción meramente física y no por algún sistema de monitoreo (en el caso de la fugas y/o derrames), por lo tanto, los accidentes que ocurren sin evidenciarse inmediatamente en la superficie no se detectan, luego entonces, su manifestación no corresponde a lo que realmente está ocurriendo.

Los combustibles que provienen de fugas y derrames de tanques de almacenamiento subterráneo, los cuales se encuentran presentes en las estaciones de servicio de toda la República, son la fuente más significativa de contaminación de suelos y aguas subterráneas.

Los tanques de almacenamiento subterráneo mal instalados o que no cumplen con las especificaciones necesarias para contener combustibles provocan infiltraciones y derrames que empiezan a recorrer la zona insaturada (subsuelo) para finalmente llegar al agua subterránea, de la cual se extrae agua para consumo humano.

Ahora bien, los combustibles más comerciales son: la gasolina Nova, Magna Sin y el combustible Diesel. Y si a esto se agrega, que los compuestos químicos de las gasolinas representan el 60% de los contaminantes presentes en el agua subterránea (CALABRASE, 1992), estos combustibles se tornan tan importantes que se les debe dar una atención especial en materia de transporte, manejo y almacenamiento.

[1] Datos Emitidos por PEMEX Refinación, 1995.

La solución de este problema significa: conocer las características y composición de la gasolina; los riesgos que representa para el ambiente y para la salud pública; el volumen de distribución de los combustibles y el número de estaciones de servicio que lo hacen; la forma en que los componentes de la gasolina se comportan después de un derrame, fuga u otro accidente; el proceso de transporte de estos compuestos a través del subsuelo; la transformación y descomposición que sufre durante el transporte y su destino final.

Parte de esta solución son los métodos de monitoreo, que sirven para rastrear y ubicar la concentración más significante de contaminantes en un área contaminada para posteriormente determinar las técnicas y tecnologías de restauración (ya sea, para suelos y/o agua subterránea) adecuadas como: biorrestauración, extracción de vapor, lavado de suelo etc.. Evidentemente, esto implica gastos innecesarios que bien se pueden evitar para destinarlos a otras áreas que causen alguna retribución; pero los grandes accidentes son producto de errores humanos, que bien se pueden prevenir si las personas que manejan las gasolinas toman conciencia y se apegan a las normas, recomendaciones y estándares (Nacionales e Internacionales) de seguridad en el manejo, transporte y almacenamiento de las gasolinas.

Diversas empresas e instituciones Internacionales han desarrollado sistemas de prevención de fugas y derrames de combustibles, mediante sistemas de monitoreo y tanques de doble pared (que en este documento se presentan), que hacen que las estaciones de servicio que usan estos sistemas de prevención sean totalmente seguras.

Con el propósito de cooperar en la solución de este problema, se elabora este Documento, que tiene como objetivos:

1.1. OBJETIVO

Objetivo General

Proponer medidas que mitiguen los riesgos a los ecosistemas, considerando prácticas apropiadas para el manejo de las gasolinas en estaciones de servicio.

Objetivos Particulares

- Presentar un panorama general de las características de las gasolinas y su evolución en México, así como el marco legal nacional y de Estados Unidos de América, mediante una búsqueda bibliográfica y hemerográfica.

- Investigar el volumen de comercialización de las gasolinas y el número de estaciones de servicio, a través de la consulta de los anuarios e información que sólo manejan Petróleos Mexicanos y el Instituto Mexicano del Petróleo.

- Determinar los riesgos que representan las actividades relacionadas con el manejo de la gasolina y sus efectos sobre la salud y el ambiente, considerando la información descrita.

- Destacar el número de accidentes donde se involucran los combustibles automotrices (gasolina y diesel), reportados en el periodo 1990-1995, consultando bases de datos.

- Presentar las características de los componentes de la gasolina que representan más riesgo para el ambiente (suelo y agua subterránea), así como el comportamiento de éstos en el subsuelo, utilizando la información publicada por centros de investigación.

- Recopilar las tecnologías disponibles, para el control y saneamiento de zonas contaminadas por gasolinas (suelo y agua subterránea), en la bibliografía a nivel internacional.

- Proponer técnicas para la minimización de fugas y derrames en tanques de almacenamiento subterráneo de combustibles, así como equipos de monitoreo y tanques de doble pared con la más avanzada tecnología en el mercado, aprovechando las publicaciones de empresas estadounidenses que tienen tecnología de punta.

CAPÍTULO II

LA GASOLINA

La gasolina es una mezcla de hidrocarburos que tienen un punto de ebullición entre 40-200ºC, y se usa como combustible para motores de combustión interna. Las refinerías de Pemex producen gasolinas de dos categorías, Nova y Magna Sin, y en 1996 se inició la producción de la gasolina Premium (sólo a la venta en el área Metropolitana del Valle de México y en las grandes ciudades del país).

En un principio, la gasolina se producía por destilación atmosférica del petróleo bruto. Los productos encontrados en la gasolina (obtenida por fraccionamiento del petróleo bruto) son: parafinas, hidrocarburos aromáticos y naftenos. El tamaño molecular de los hidrocarburos presentes en el intervalo de ebullición de la gasolina son del C_4 al C_{12}. En este intervalo pueden existir más de 660 parafinas distintas, de las cuales no todas se encuentran en las gasolinas ni tampoco todos los hidrocarburos encontrados en las gasolinas se han identificado (CLARK, 1961). La mayoría de las parafinas de las gasolinas destiladas a presión atmosférica son de cadena lineal.

2.1 PROPIEDADES REQUERIDAS

Las propiedades que se buscan en la gasolina son que los componentes de ésta se mezclen adecuadamente para proporcionar una elevada calidad antidetonante (índice de octano), un fácil arranque y un rápido calentamiento del motor, ya que un factor de compresión más elevado ha hecho al motor de gasolina más eficiente que los antiguos; pero esto ha creado, al mismo tiempo, un problema: en ciertas condiciones, la explosión suave de la mezcla combustible-aire se reemplaza por un golpeteo que reduce considerablemente la potencia del motor. (cfr., BOYD. 1990)

El problema del golpeteo ha sido resuelto satisfactoriamente de dos modos: por la adecuada selección y mezcla de los hidrocarburos que van a ser empleados como combustibles, y por la adición de tetraetilo de plomo (TEP). (En 1922, T.C.Midgley, Jr y T.A. Boyd, del Laboratorio de Investigaciones de General Motors en Estados Unidos, descubrieron que el índice de octano de un combustible puede mejorarse considerablemente si se agrega una pequeña cantidad de tetraetilo de plomo, (C2H5)4Pb. La gasolina así tratada se denomina gasolina etílica o emplomada y cerca de 50 años de investigación han probado finalmente que el TEP probablemente funcione produciendo partículas minúsculas de óxidos de plomo, sobre cuyas superficies se interrumpen ciertas cadenas de reacciones).

Experimentos que se han realizado con compuestos puros han demostrado que los hidrocarburos de estructuras diferentes difieren ampliamente en su tendencia al golpeteo. La tendencia antigolpe relativa de un combustible se denomina generalmente índice de octano. Se ha establecido una escala arbitraria que se aplica al n-heptano, con un índice de octano cero, ya que golpetea muy fuerte, y al 2,2,4 trimetilpentano (iso-octano) un índice de 100 (POPOVICH, 1959). Hoy en día, la diferencia entre las calidades de las gasolinas radica en la resistencia al golpeteo, que puede ser controlado con el grado de índice de octano que pueda tener la gasolina.

El golpeteo y la resistencia a la pre-ignición de los combustibles se gobierna por la configuración de las moléculas presentes. En general, las moléculas más compactas tienen una gran resistencia al golpeteo; ésta característica de los hidrocarburos parafínicos decrece con el incremento de cadenas largas, mientras que la introducción de cadenas cortas tienen la característica de mejorar la resistencia al golpeteo como la que proporciona el grupo metilo: La misma regla se aplica en las olefinas, excepto que la variación no es muy pronunciada. (McMURRY, 1992)

El octanaje de una gasolina cualquiera es el porcentaje en volumen de iso-octano en una mezcla de iso-octano-n-heptano, que iguala el desempeño de la gasolina de la gasolina cuyo octanaje se está midiendo. El desempeño se mide en un motor especial bajo condiciones estándar preestablecidas. Existen compuestos con mejores características antidetonantes que el iso-octano. En estos casos el octanaje se calcula midiendo los mililitros por galón de teraetilo de plomo que requiere el iso-octano puro para igualar el desempeño del compuesto o mezcla en cuestión, utilizando la formula siguiente:

$$OCT = 100 + \frac{1 + 0.736TEP - \sqrt{1 + 1.472TEP - 0.035216TEP^2}}{0.0204TEP}$$

Donde OCT. es el octanaje y TEP son los mililitros de tetraetilo de plomo adicionados por cada galón de iso-octano.

2.1.1 Evolución de las Gasolinas en México

El número de octano de las gasolinas comerciales para motor en México ha tenido que evolucionar paralelamente con la industria automotriz. Desde los años 20's en que se inició la fabricación de vehículos automotores se han elaborado gasolinas orientadas a satisfacer las demandas técnicas de la época. Así, el 18 de marzo de 1938, al formarse Petróleos Mexicanos, el país consumía un solo grado de gasolina de 57 octanos que satisfacía los requerimientos de los motores en este periodo, y, en 1940, se introdujo la MEXOLINA de 70 octanos, ambas fórmulas con 3ml TEP/gal.

En 1950, el requerimiento automotriz exigía gasolina de 80 octanos, lo cual se satisfizo con la SUPERMEXOLINA formulada con 4 ml de TEP/gal.

El aumento de la relación de compresión de los motores demandó gasolinas de más alto octano y, como consecuencia, en 1956 aparece el GASOLMEX 90, con 90 octanos y, en 1966, el PEMEX 100, con 100 octanos RON; ambas gasolinas se formulan con 4ml de TEP/gal.

1973 fue el año en que se substituyeron las gasolinas anteriores por dos nuevas: NOVA (con 81 octanos) y EXTRA (con 94 octanos), ambas con 3.5 ml TEP/gal. En 1974, la gasolina EXTRA se especificó con 92 octanos y se redujo significativamente el contenido de plomo de 3.5 ml de TEP/gal a 0.1g pb/gal; en 1975, se disminuye el plomo en esta gasolina de 0.1 a 0.05 g /gal.

En 1986 se da origen a gasolinas mejoradas como: NOVA PLUS con la reducción significativa de Tetraetilo de Plomo de 3.5 ml/gal a un rango de 0.5-1.0 ml/gal; esta

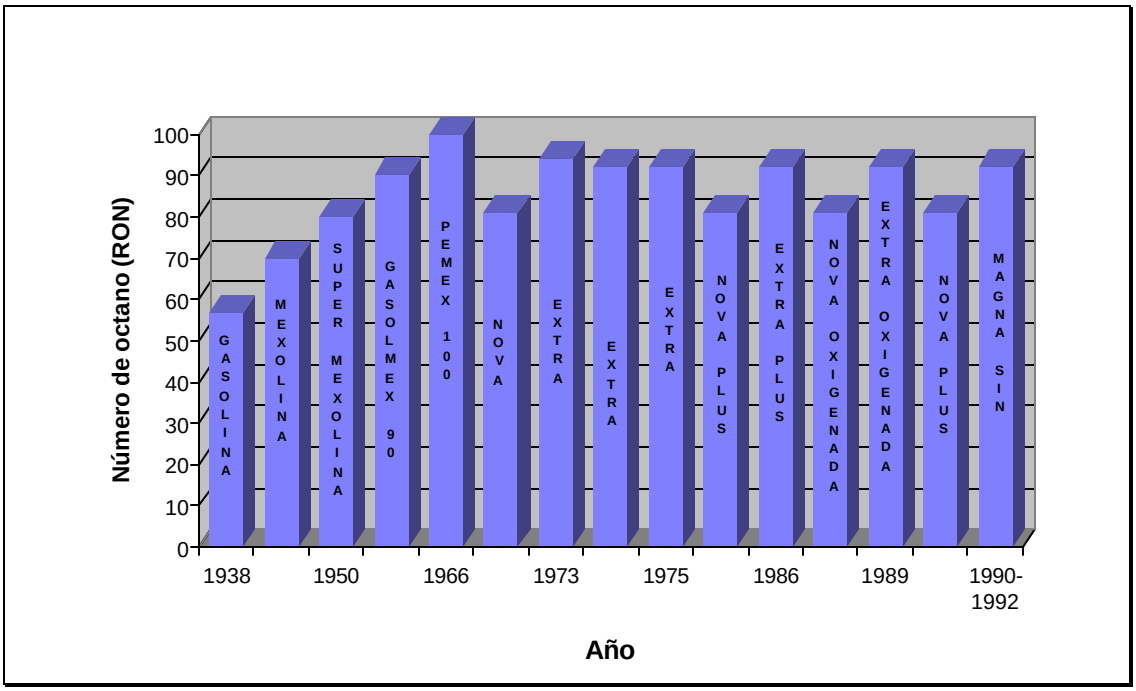
especificación se mantuvo hasta junio de 1991, en que se redujo nuevamente a un intervalo de 0.3 a 0.54 ml/gal.

En octubre de 1992, se vuelve a modificar la especificación de plomo en la NOVA PLUS a un rango de 0.2 a 0.3 ml TEP/gal, que permanece vigente. La NOVA PLUS que se comercializa en la Zona Metropolitana del Valle de México es de 0.1 ml TEP/gal.

Por otra parte, en 1989, se incorporó un compuesto oxigenado, Metil-Terbutil-Eter (MTBE) en las gasolinas NOVA PLUS Y EXTRA PLUS, únicamente para el consumo del Area Metropolitana del Valle de México; este compuesto mejora la combustión de los automotores, principalmente en los de mayor altitud, donde el contenido de Oxígeno por m^3 en la atmósfera es menor. (Ver gráfico 2.1).

En septiembre de 1990, se substituyó la gasolina EXTRA PLUS por MAGNA SIN; este nuevo producto sin plomo satisface los requerimientos de los vehículos con convertidor catalítico que salieron al mercado a partir de 1991. Su calidad es equiparable a la gasolina "Unleaded regular" de 87 índice de octano carretera que se expende en los Estados Unidos. (cfr., Programa de conferencia de PEMEX-REFINACIÓN convenio de colaboración UNAM-PEMEX, 1995).

Gráfico 2.1 Evolución de las gasolinas en México



Fuente: Programa de Conferencias PEMEX-UNAM. Gráfica 2, 1995.

2.2 PRODUCCIÓN EN MÉXICO Y UBICACIÓN

El petróleo se separa por la destilación en diversas fracciones, enumeradas en el tabla 2.1 Debido a la relación entre punto de ebullición y peso molecular, esto supone una separación preliminar de acuerdo con el número de carbonos. Cada fracción aún es una mezcla compleja, puesto que contiene alcanos con un intervalo de átomos de carbono y cada número de carbono representa varios isómeros. El uso de cada fracción depende principalmente de su volatilidad y su viscosidad, y es independiente de la complejidad de la mezcla o de si se trata de un compuesto puro.

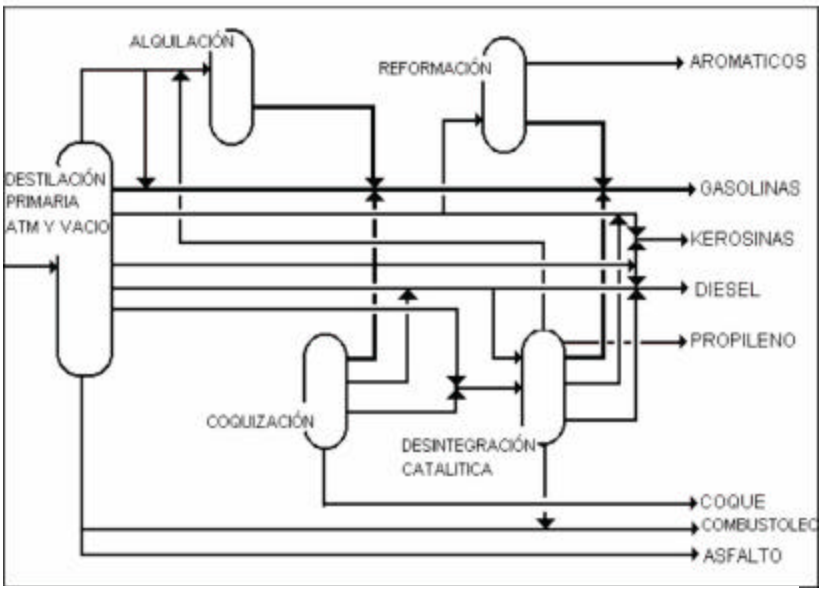
Tabla 2.1 Constituyentes del Petróleo

Fracción	Temperatura de Destilación	Número de Carbonos
Gas	bajo 20	C1 - C4
Éter de petróleo	20-60	C5 - C6
Ligroína (nafta ligera)	60-100	C6 - C7
Gasolina natural	40-205	C5 - C10 y cicloalcanos
Queroseno	175-325	C12- C18 y aromáticos
Gasóleo	sobre 275	C12 y superiores
Aceite lubricante	líquidos no volátiles	probablemente cadenas largas unidas a estructuras cíclicas
Asfalto o coque de petróleo	sólidos no volátiles	estructuras policíclicas

Fuente: Morrison Boyd, Química Orgánica, Addison Wesley 1990: Pag. 94.

Las fracciones volátiles se usan principalmente como combustibles; las gasolinas como lo muestra el diagrama 2.1, son generadas por *destilación atmosférica, isomerización catalítica*, *proceso cracking*, *reformación catalítica, coquización* y *desintegración catalítica*. La mayoría de estos procesos han sido diseñados para obtener mayor proporción de productos ligeros.

Diagrama 2.1 Proceso de Refinación Simplificado



Fuente: PEMEX, Gerencia de Planeación Comercial

Destilación: El crudo se destila a presión atmosférica. Por los domos de la torre de destilación se obtienen, entre otros productos intermedios, "la gasolina de destilación directa", constituida principalmente por alcanos de bajo índice de octano. Los residuos pesados de la destilación se destilan nuevamente al alto vacío y se envían a la planta FCC. (GARY, 1980).

Proceso Cracking o FCC (Fluid Catalytic Cracking): Convierte alcanos superiores que provienen de los domos de la destilación al alto vacío en inferiores y alquenos (olefinas) por medio de un catalizador sólido y altas temperaturas (aproximadamente 500ºC), con lo que se aumenta el rendimiento de la gasolina. Los hidrocarburos generados en esta pirólisis constituyen la gasolina Cracking. (CLARK, 1961).

Proceso de reformación: Convierte los alcanos y los cicloalcanos que provienen de procesos anteriores en hidrocarburos aromáticos de excelente índice de octano, con lo que contribuye al rendimiento de la gasolina. Las parafinas (alcanos) primeramente se ciclan para obtener ciclohexanos y luego éstos se deshidrogenan para obtener Benceno y otros aromáticos. (GARY, 1980).

Proceso de alquilación: La "gasolina de alquilación" es resultado de la reacción de isobutano con olefinas para producir hidrocarburos de cadenas ramificadas. Esta gasolina tiene un alto índice de octano debido a los grupos metílos que se encuentran en las cadenas y no presenta los problemas de contaminación que tiene la gasolina de reformación. La alquilación se lleva acabo con catalizadores como el HF (ácido fluorhídrico) y H_2SO_4 (ácido sulfúrico), no requiere altas temperaturas y generalmente se usa un exceso de isobutano. (GARY, 1980).

Hasta el 2002, PEMEX contaba con la infraestructura necesaria para sus operaciones de refinación, distribuidas en toda la república, formada por seis refinerías:

"ING. HECTOR R. LARA SOSA"	CADEREYTA L.
"ING. FRANCISCO I. MADERO"	CD. MADERO,TAMPS
"ING. LAZARO CARDENAS"	MINATITLAN, VER.
"ING. ANTONIO M. AMOR"	SALAMANCA, GTO.
"ING. ANTONIO DAVALI JAIME"	SALINA CRUZ, OAX.
"ING. MIGUEL HIDALGO"	TULA, HGO

Con terminales de recibo, almacenamiento y distribución de productos; agencias de ventas e instalaciones de oleoductos y poliductos (con una longitud de 13,500 km) para manejar petróleo crudo de los campos productores a las refinerías y los productos (principalmente destilados) de las refinerías a las terminales de distribución.

La capacidad de refinación instalada (reportada en junio de 1995) es de 1,515,000 b/d de petróleo crudo, más 556,500 b/d de líquidos recuperados del gas que contienen gas licuado y gasolina y que se procesan principalmente en centros que dependen de la dirección de gas y petroquímica.

Con toda esta infraestructura, PEMEX se muestra como la empresa mexicana con mayores ingresos por ventas y mayor valor de sus activos fijos. La utilidad de operación en el primer semestre de 1996 totalizó 4,027.4 millones de dólares, más de 44 millones de dólares diarios. Los ingresos en 1995 fueron alrededor de 14,000 millones de dólares, que representan el 35.3% del total de los ingresos presupuestales del Gobierno Federal durante ese año.

Petróleos Mexicanos elabora las gasolinas Nova y Magna en seis refinerías (como se muestra en la tabla 2.2) que operan actualmente. Hasta marzo de 1991, ambas gasolinas se elaboraron en las refinerías de Poza Rica y Azcapotzalco, esta última cerrada actualmente.

Tabla 2.2 Gasolinas: Producción por Refinería 1995(mbd)

Refinería	Nova		Magna Sin		Total	
	mbd	%	mbd	%	mbd	%
Salina Cruz	20.0	10.85	68.5	23.66	86.4	20.9
Tula	75.0	40.69	69.5	24.00	78.3	18.9
Minatitlán	27.0	14.65	28.0	9.67	64.7	15.6
Salamanca	42.5	23.06	42	14.50	60.5	14.6
Cadereyta	12.0	6.51	67.5	23.31	60.2	14.5
Madero	7.8	4.23	14.0	4.83	51.2	12.4
TOTAL	184.3	100.0	289.5	100.0	414.3	100.0

Fuente: PEMEX, Subdirección de Transformación Industrial

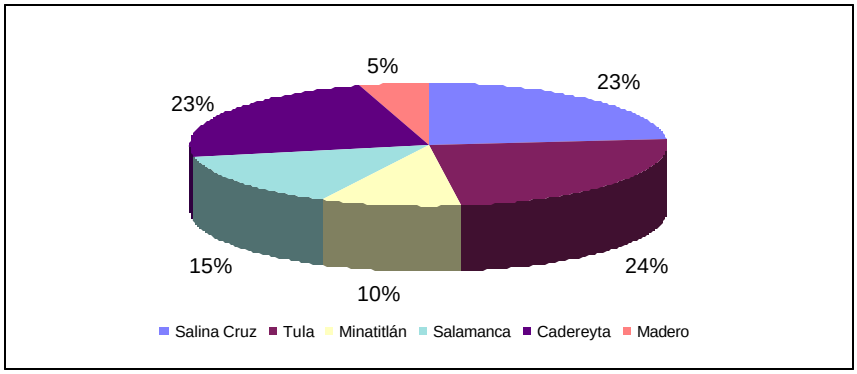
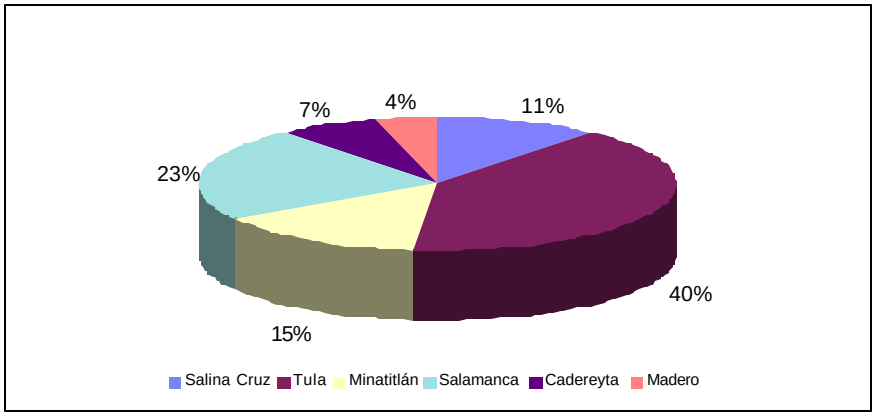


Gráfico 2.2 Gasolina Magna Sin: producción por refinería

Fuente: Tabla 2.2

Gráfico 2.3 Gasolina Nova: producción por refinería



Fuente: Tabla 2.2

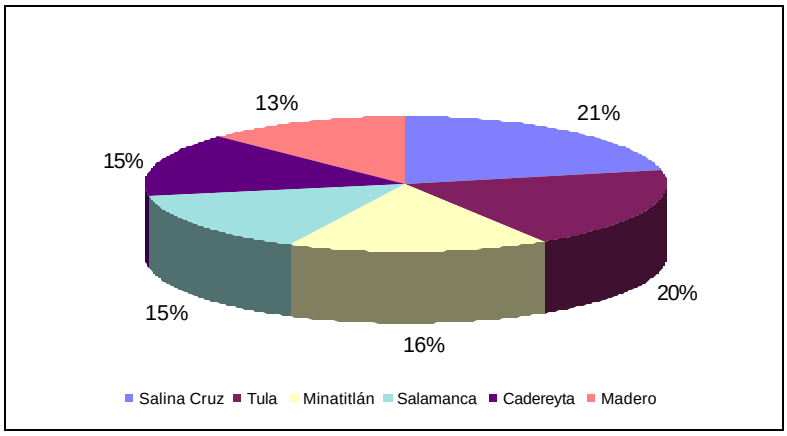


Gráfico 2.4
Producción total de gasolina: por refinería

Fuente: Tabla 2.2

Cabe señalar que la cantidad de gasolina que se produce en México no es la misma que se consume, lo cual obliga a la importación; y, si además se considera que México es un exportador potencial de petróleo crudo, queda la duda sobre la importación de la gasolina. En un programa de conferencias (mayo 1995) de PEMEX-REFINACIÓN convenio de colaboración UNAM-PEMEX, el Ing. José Alberto Celestinos citó que la capacidad para producir y satisfacer toda la demanda nacional de gasolina la tiene PEMEX, pero los hidrocarburos pesados que se obtienen en el proceso de refinación como el Coque y el Asfalto no se consumen en grandes cantidades como ocurre con los combustibles. Además, si PEMEX se propusiera satisfacer la demanda nacional al 100%, se produciría un excedente de asfaltos, los cuales no se podrían consumir en su totalidad.

A partir de 1989, la elevada demanda contribuyó a que se importaran cantidades significativas de gasolinas. Para septiembre de 1991, el faltante ascendió a 44 mbd. En el caso de EXTRA y MAGNA-SIN la producción fue insuficiente para cubrir la demanda y se elevó el déficit en septiembre de1991 a 31 mbd. En contraste con el periodo 1980-1988, donde la balanza comercial de gasolinas mostró saldos favorables, destaca el hecho de que entre 1983 y 1988 las exportaciones superaron en promedio los 25mbd, para alcanzar en 1984 los 36 mbd; debido a una menor demanda interna y a una mayor producción, en particular, de gasolina Nova.

Tabla 2.3 Gasolinas: Balanza Comercial 1980-1991(mbd)

Año	Exportaciones	Importaciones	Saldo
1981	2.5	1.3	1.2
1980	1.3	0.1	1.2
1982	2.3	0.1	2.2
1983	21.7	0.1	21.6
1984	36.2	0.1	36.1
1985	25.8	0.1	25.7
1986	23.3	0.0	23.3
1987	20.1	5.1	15.0
1988	23.3	2.1	21.2
1989	5.1	28.2	-23.1
1990	9.4	30.6	-21.2
1991*	0.0	71.2	-71.2

* Enero -Septiembre
Fuente: PEMEX, Anuario Estadístico 1990 y, Memoria de Labores e Indicadores Petroleros, Septiembre 1991.
Observación: Los datos analizados se refieren a todas las gasolinas.

Tabla 2.4 Gasolinas: Producción y Ventas 1980-1991(mbd)

	Gasolina Nova			Gasolina Extra/Magna Sin		
Año	Producción	Ventas	Excedentes (faltantes)	Producción	Ventas	Excedentes (faltantes)
1980	290.13	284.50	5.63	34.61	26.30	8.31
1981	344.86	339.80	5.06	12.83	14.40	-1.57
1982	333.12	348.50	-15.38	11.20	09.00	2.20
1983	338.18	308.70	29.48	05.65	05.40	0.25
1984	354.82	317.20	37.62	04.51	04.10	0.41
1985	351.92	316.30	35.62	04.47	04.80	-0.33
1986	346.55	322.20	24.35	07.68	07.80	-0.12
1987	356.62	332.50	24.12	11.30	12.60	-1.30
1988	353.87	340.13	13.74	21.59	19.45	2.14
1989	355.36	360.90	-05.55	30.91	42.04	-11.13
1990	378.05	390.16	-12.11	43.13	52.71	-09.58
1991*	367.20	410.90	-43.70	43.00	73.60	-30.60

*Septiembre. (promedio anual)
Fuente: PEMEX, Anuario Estadístico 1990 y Memoria de Labores (varios años)

2.3 LEGISLACIÓN

2.3.1 Antecedentes

Una legislación general a modo de Código Ambiental fue introducida en Suecia en 1969, al mismo tiempo responde la *Control of Pollution Act* inglesa de 1974, promulgada el 31 de julio de dicho año y que contiene seis capítulos, el capítulo I discute sobre Disposición de residuos sólidos sobre terrenos, el capítulo II habla sobre Contaminación de las aguas, el capítulo III discute sobre Residuos, el capítulo IV, Contaminación de la atmósfera; el capítulo V, Aspectos varios y generales, y el capítulo VI, Previsiones suplementarias.

A esta línea responde también la Ley de Bases del Ambiente de Portugal, de 1987.

En América Latina existen varios textos de esta hechura el primero de los cuales es el Código Ambiental Colombiano de 1974, posteriormente, la Ley venezolana de 1976 y la Ley Federal de Protección del Ambiente en México (11 de enero de 1982, posteriormente modificada en 1988 con la denominación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al ambiente). Está también la Ley de Medio Ambiente de Brasil de 1981, profundamente alterada por otras posteriores como la de 24 de julio de 1985 y, sobre todo por la constitución de 1988. (MARTÍN, 1991).

En México el primer organismo que se ocupa del saneamiento del ambiente fue el Consejo de Salubridad General en el año de 1911, mismo que se incorporó a la Constitución política, a la cual se le otorgó facultades sobre aspectos esenciales de la Higiene social, para prevenir las enfermedades y mejorar la condición física de la población*.

Años después, dentro de la estructura orgánica de la Secretaría de Salubridad y asistencia, se creó la dirección de Higiene Industrial con facultades para realizar investigaciones sobre la contaminación atmosférica y establecer los controles necesarios para evitar la contaminación del Valle de México*.

Posteriormente nace a la vida jurídica la ley de conservación del suelo y del agua en el año de 1945*.

Los anteriores ordenamientos tuvieron un matiz puramente conservador, en virtud de que su aplicación fue casi nula, debido a los intereses entre los gobernadores y los gobernados, lo que condujo al detrimento de la calidad de vida de la población.

El Reglamento y la Ley, ambos de 1940 y 1945 son antecedentes que se tienen al fin, y que se podrían llamar pilares en materia ambiental, los cuales se tomaron en cuenta para la creación de las legislaciones actuales.

El 19 de enero de 1971, se puso a consideración del H. Congreso de la Unión, por conducto de la Cámara de Diputados, la iniciativa para adicionar la base cuarta de fracción XVI del artículo 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a fin de facultar al Congreso de Salubridad General para dictar disposiciones tendientes a prevenir y controlar la contaminación ambiental, el contenido del cual es:

Artículo 73 fracción XVI: De las facultades del congreso.

"XVI. Para dictar leyes sobre la nacionalidad, naturalización, condición jurídica de los extranjeros, ciudadanía, colonización, emigración e inmigración y salubridad general de la república."

4ª. "Las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en la campaña contra el alcoholismo y la venta de sustancias que envenenen al individuo o degeneran la especie humana, así como las adoptadas para prevenir y combatir la contaminación ambiental, serán después revisadas por el Congreso de la Unión en los casos que le competen".

* La información previa, fue tomada del Breviario Jurídico Ecológico, 1983.

Después de las reformas que tuvo la constitución, le siguió la iniciativa de la ley federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, una vez aprobada por el Congreso de la Unión, el 1º de marzo de 1971, el ejecutivo federal decretó su expedición, apareciendo en el Diario Oficial de la Federación el 23 de marzo de 1971.

Con la certeza de que la reforma a la Constitución y la iniciativa de ley en materia ambiental, no eran suficientes, surge el reglamento para prevención y control de la contaminación atmosférica, originada por la emisión de humos y polvos. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de septiembre de 1971.

Posteriormente, el órgano que se encargaría de las atribuciones inherentes al ambiente, sería la Secretaría de Salubridad y Asistencia, modificando su organización estructural y como consecuencia de ello se crea la Subsecretaría de Mejoramiento al Ambiente, acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de enero de 1972.

Años más tarde, debido a la Reforma Administrativa del 1º de enero de 1976, la organización interna de la Subsecretaría sufre algunas modificaciones con la finalidad de tener un mayor campo de acción y abarcar los rubro de saneamiento ambiental, agua, aire, desechos sólidos, higiene ocupacional, fauna nociva, sustancias tóxicas, etc., esto dio pie a la creación y cambio de nombres de las direcciones ya existentes que tuvieran una proyección tanto aplicativa como normativa a las que se les dieron los siguientes nombres: Dirección General de coordinación ambiental; Dirección General de saneamiento del agua; Dirección General de saneamiento atmosférico; Dirección General de programas especiales de saneamiento; Dirección General de investigaciones de los efectos del ambiente en la salud y Dirección General de promoción y divulgación de saneamiento ambiental.

Para que en 1980 sufra cambios y ajustes internos esta subsecretaría y quede integrada de la siguiente manera: Dirección General de saneamiento del agua; Dirección General de saneamiento atmosférico; Dirección General de saneamiento del suelo y Dirección General de programas especiales. A estas cuatro Direcciones se les agregaron dos Unidades Adicionales: Unidad de análisis de obra pública e impacto ambiental y la Unidad de educación y promoción de saneamiento ambiental.

En el mes de diciembre de 1981, fue aprobada una nueva Ley Federal de Protección al Ambiente, y que entró en vigor el 11 de enero de 1982. Al tomar posesión como presidente de la República el C. Lic. Miguel de la Madrid Hurtado en el año de 1982, una de sus primeras actuaciones fue decretar las reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública. Al ser reformados los Artículos 26 y 37 de dicha ley, reformas de gran relevancia, ya que la Subsecretaría de Mejoramiento al Ambiente deja de ser dependiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, de tal forma pasa a ser parte de una nueva Secretaría, siendo ésta: la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), 1983, que tenia como finalidad normar, aplicar y ejecutar dentro del ámbito de su competencia, lo relacionado con: Asentamientos Humanos, Urbanismo, Vivienda y Ecología.

Con base en las necesidades del país en materia ambiental, se anuló la Ley federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, la cual se publicó el 12 de marzo de 1971, para dar paso a la Ley Federal de Protección al Ambiente el 11 de enero de 1982, modificando varios puntos que no contemplaba la Ley anterior. De estas dos leyes que se han mencionado se debe

señalar que éstas eran inconstitucionales, ya que no emanaban de la Constitución Política, que es donde nacen las leyes que rigen a México.

Por lo que mediante el decreto del 10 de agosto de 1987, se reforma el párrafo tercero del Artículo 27, y se adiciona la fracción XXIX-G al Artículo 73 de la constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Artículo 27. "En consecuencia, se dictaran las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos, y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras publicas y planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, **para preservar y restaurar el equilibrio ecológico**; para el fraccionamiento de los latifundios, etc.."(CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 1996).

Artículo 73 fracción XXIX-G. " Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los Gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico."(CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, 1996).

A consecuencias de estas reformas y adiciones, nace la Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección del Ambiente, la cual entró en vigor el día primero de marzo de 1988. (publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de enero de 1988).

Posteriormente el 25 de mayo de 1992, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) Sustituyó a la SEDUE. La Subsecretaría de Ecología desapareció y se crearon el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Estas dos últimas absorbieron las responsabilidades de la Subsecretaría de Ecología. En diciembre de 1994, iniciando la administración del Presidente Zedillo, se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en un esfuerzo por integrar las funciones de protección ambiental y recursos naturales que se encontraban dispersas en varias secretarías, absorbiendo las funciones de la Secretaría de Pesca, las funciones que la SEDESOL tenía desconcentradas en el INE y la PROFEPA; y las funciones relacionadas con tanto con los aspectos forestales y de protección de la flora y fauna silvestre. (Diario Oficial de la Federación diciembre de 1996).

2.4 LEGISLACIÓN SOBRE COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES

La Constitución máxima ley de los Estados Unidos Mexicanos contiene una serie de disposiciones en las cuales se sustenta la legislación en materia ecológica, que son los artículos 4º, 25, 27, 73 y 115. (descritos en el Apéndice "A").

Las Leyes, Reglamento y Normas que se presentan en la tabla 2.5 se encuentran descritos en el Apéndice "A".

Tabla 2.5 Legislación mexicana

Organo Legislativo	Artículo
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	4º, 25, 27, 73 y 115
Ley General del Equilibrio Ecológico, Título Primero, Disposiciones Generales, Capítulo Primero.	2º y 3º
Capítulo Segundo	5º
Título Tercero, Aprovechamiento Racional de los Elementos Naturales, Capítulo Tercero	98
Título Cuarto, Protección al Ambiente, Capítulo Primero	110 y 111
Capítulo Tercero	139
Capítulo Cuarto, Materiales y Residuos Peligrosos	152 BIS
Reglamento De La Ley General Del Equilibrio Ecológico, (En Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera), Capítulo Segundo	16 y 17
Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Título Sexto, del Manejo Transporte y Almacenamiento de Materiales Capítulo Quinto	113
Título Séptimo, de las substancias inflamables y combustibles	122, 123 y 124
Capítulo V, de los contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos	146
Reglamento de Trabajos Petroleros, Capítulo VI, Transporte	206
Capítulo Séptimo, Almacenamiento	252.
Capítulo Octavo, Terminales y plantas de almacenamiento y distribución	263
Prevenciones De Seguridad	277, 278 y 279
Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios Título Vigésimo Substancias tóxicas Capítulo único	1214, 1215, 1224 y 1235
Reglamento Para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos Título Primero, Capítulo I.	7º,10 y 17

2.4.1 Norma Oficial Mexicana

La normatividad en materia ambiental se centra en la posibilidad de disciplinar las conductas con trascendencia para el medio, de acuerdo con imperativos de las ciencias de la naturaleza que deben ser asimilados por las ciencias sociales.

Es pues la estrategia de la normatividad, la única válida para atenuar al menos la presión excesiva a que hoy están sometidos los principales sistemas naturales.

La descripción de las siguientes Normas se describen en el Apéndice “A”

Tabla 2.6 Normas Oficiales Mexicanas

Secretaría Emisora	Norma
Secretaría de Comunicaciones y Transporte	NOM-003-SCT2/1994 NOM-006-SCT2/1994 NOM-017-SCT2/1995 NOM-018-SCT2/1994 NOM-028-SCT2/1994
Secretaría del Trabajo y Previsión Social 1993-1994	NOM-005-STPS-1993 NOM-045-STPS-1993 NOM-047-STPS-1993 NOM-050-STPS-1993
Secretaría de Desarrollo Social y Ecología 1993-1995 (actualmente Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)	NOM-005-SCFI-1993 NOM-031-ECOL/1993 NOM-053-ECOL/1993 NOM-092-ECOL/1995 NOM-093-ECOL/1995
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (actualmente Secretaría de Economía)	NOM-005-SCFI-1993

2.4.2 Normatividad en Estados Unidos

En Estados Unidos el 1º de enero de 1970 Nixon Promulgó la National Environment Policy Act (NEPA), la cual finalizó el 11 de enero de 1980, cuando Carter Promulgó la Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA), NEPA en 1970 creó a la Environmental Protection Agency (EPA), la cual se encarga de la vigilancia, ejecución y cumplimiento de las leyes federales promulgadas para la protección al ambiente.

Las publicaciones, códigos y recomendaciones de *American Petroleum Institute* (API), *American Society of Testing and Material* (ASTM*) Environmental Protection Agency* (EPA) y de *Code Federal Register* (CFR) que se presentan en el Apéndice "A" abarcan diversos temas (almacenamiento, manejo, análisis de suelos contaminados por gasolina, seguridad en las estaciones de servicio, etc.,) relacionados con los combustibles automotrices, que fueron emitidas por estas Instituciones estadounidenses, que, a diferencia de las instituciones mexicanas, hacen una investigación más profunda del problema en cuestión y proponen tecnologías para la solución y prevención de éste.

Las recomendaciones que ofrece Petroleum Equipment Institute en materia de instalación de sistemas de almacenamiento, se encuentran en sus publicaciones: PEI/RP100-1990 y PEI/RP200-1992 *Recommended Practices for Installation Underground and Aboveground Liquid Storage Systems for Motor Vehicle Fueling*.

Los materiales más adecuados para la instalación de la tubería y las prácticas recomendadas para hacerlo se encuentran en la publicación de *American National Standard Institute* (ANSI). En las publicaciones de API No 1611: Guía para la capacidad de los tanques en estaciones de servicio y ANSI B90.1 contienen la información pertinente en relación con los factores que deben ser considerados en una adecuada selección del tamaño del tanque.

CAPÍTULO III

ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN

Los riesgos potenciales asociados con los derrames y fugas de combustibles (gasolina y diesel) al suelo y aguas subterráneas se deben de examinar detenidamente. Tales contaminaciones se pueden dar en lugares públicos, comerciales, rurales, residenciales, carreteras e instalaciones que mantengan tanques de almacenamiento subterráneos (Estaciones de servicio) durante la comercialización de la gasolina, en este último punto es en donde ocurren más accidentes de esta índole.

La distribución de gasolina a través de los carros tanque (pipas) a las estaciones de servicio es la segunda fuente de contaminación para el suelo, es decir, que las volcaduras y los choques representan el 33.6 % de los accidentes que ocurren con este combustible. Por lo tanto, las autoridades competentes deben observar detenidamente estos hechos y proponer una solución a este problema.

3.1 COMERCIALIZACIÓN

El hecho de saber el número de estaciones de servicio que hay en la República Mexicana, proporciona una idea de cuantas zonas (suelos) están y han estado expuestas a derrames y/o fugas de combustibles, si se considera, por un lado, que el 60% de los contaminantes presentes en el subsuelo y en el agua subterránea son compuestos que se encuentran generalmente en la gasolina y, por el otro, la cantidad de accidentes (143 en el periodo 1990-1995) relacionados con la gasolina y el diesel, todo esto durante el proceso de comercialización de estos combustibles.

La comercialización de combustibles efectuadas por Petróleos Mexicanos en el territorio nacional durante el periodo de enero-agosto de 1995 tuvieron un valor de 38,335 millones de pesos. En este periodo, PEMEX, a través de la Gerencia Pemex refinación, colocó en la República Mexicana un promedio de 459,500 barriles diarios de productos petrolíferos, entre los que destacaron las gasolinas automotrices, el diesel, el gas licuado y el combustóleo.

Durante los primeros ocho meses de 1995, las gasolinas Nova Plus y Magna Sin tuvieron un valor conjunto de 18,214 millones 200 mil pesos, al comercializarse en la República Mexicana un promedio de 479,700 barriles diarios.

La comercialización en el mercado interno de Diesel Sin, Diesel desulfurado y marino, fue de 226,600 barriles por día. En el mismo periodo generó un ingreso para Pemex por un total de 7,653 millones 100 mil pesos.

En este periodo, las ventas de gasolina Magna Sin se ubicaron en 254,400 barriles y de Nova en 225,600 barriles por día. Para poder llevar a cabo esta comercialización de combustibles a lo largo de la República Mexicana, se cuenta con un total de 3,694 estaciones de servicio (ES), de las cuales, 3,178 tienen franquicia. (En la franquicia Pemex intervienen: el que otorga la franquicia que es Petróleos Mexicanos y el que la recibe que es la estación de servicio) y 516 sin franquicia. (información publicada por PEMEX "Subdirección Comercial", Gerencia de Estaciones de Servicio al día de 21/junio/1996).

La franquicia Pemex se define como el sistema por el cual Petróleos Mexicanos ofrece a las ES, los medios para desarrollar y diversificar su actividad comercial, mejorar sus instalaciones y equipos, incrementar sus ganancias y elevar la calidad del servicio al público.

El esquema conceptual de la Franquicia Pemex considera dos categorías de ES: dos y tres estrellas; la diferencia fundamental entre éstas radica en el cumplimiento de los aspectos de imagen y servicio, ya que en ambos casos los requerimientos en materia de seguridad y protección al medio ambiente son esencialmente los mismos que han sido establecidos por Pemex. Ver tablas 3.1,3.2 y 3.3.

Tabla 3.1 Estaciones de servicio

Estaciones de Servicio	Número	Parte porcentual
Con Franquicia	3,178	86.0%
Tres Estrellas	2,855	77.3%
Dos Estrellas	323	8.7%
Sin Franquicia	516	14.0%
Totales	3,694	100.0%

Fuente: PEMEX, Gerencia Comercial de Estaciones de Servicio, 1996

Tabla 3.2 Estaciones de servicio por categoría y gerencia comercial de zona

Zona	Total de ES	Con Franquicia	Tres estrellas	Dos estrellas	Sin Franquicia
Centro	819	729	649	80	90
Norte	1,063	959	887	72	104
Occidente	905	703	621	82	202
Sur	483	427	375	52	56
Valle de Méx.	424	360	323	37	64

Fuente: PEMEX, Gerencia Comercial de Estaciones de Servicio, 1996.

Tabla 3.3 Estaciones de servicio por categoría y entidad federativa

Entidad	Total de ES	Con Franquicia	Tres estrellas	Dos estrellas	Sin Franquicia
Aguascalientes	32	29	29	0	3
B California Nte	227	143	129	14	84
B California Sur	42	25	23	2	17
Campeche	24	23	22	1	1
Coahuila	135	122	111	11	13
Colima	26	23	20	3	3
Chiapas	71	59	40	19	12
Chihuahua	226	191	170	21	35
Distrito Federal	253	216	192	24	37
Durango	87	79	78	1	8
Guanajuato	170	161	138	23	9
Guerrero	75	61	56	5	14
Hidalgo	85	68	61	7	17
Jalisco	256	229	197	32	27
México	235	202	186	16	33
Michoacán	164	149	117	32	15
Morelos	36	30	29	1	6
Nayarit	43	34	28	6	9
Nuevo León	218	205	199	6	13
Oaxaca	76	62	58	4	14
Puebla	145	128	123	5	17
Querétaro	51	51	49	2	0
Quintana Roo	28	23	21	2	5
San Luis Potosí	78	77	75	2	1
Sinaloa	127	114	103	11	13
Sonora	201	152	138	14	49
Tabasco	41	41	39	2	0
Tamaulipas	174	154	130	24	20
Tlaxcala	41	37	32	5	4
Veracruz	184	162	150	12	22
Yucatán	69	61	49	12	8
Zacatecas	74	67	63	4	7
Total Nacional	3,694	3,178	2,855	323	516

Fuente: PEMEX, Gerencia Comercial de Estaciones de Servicio, 1996.

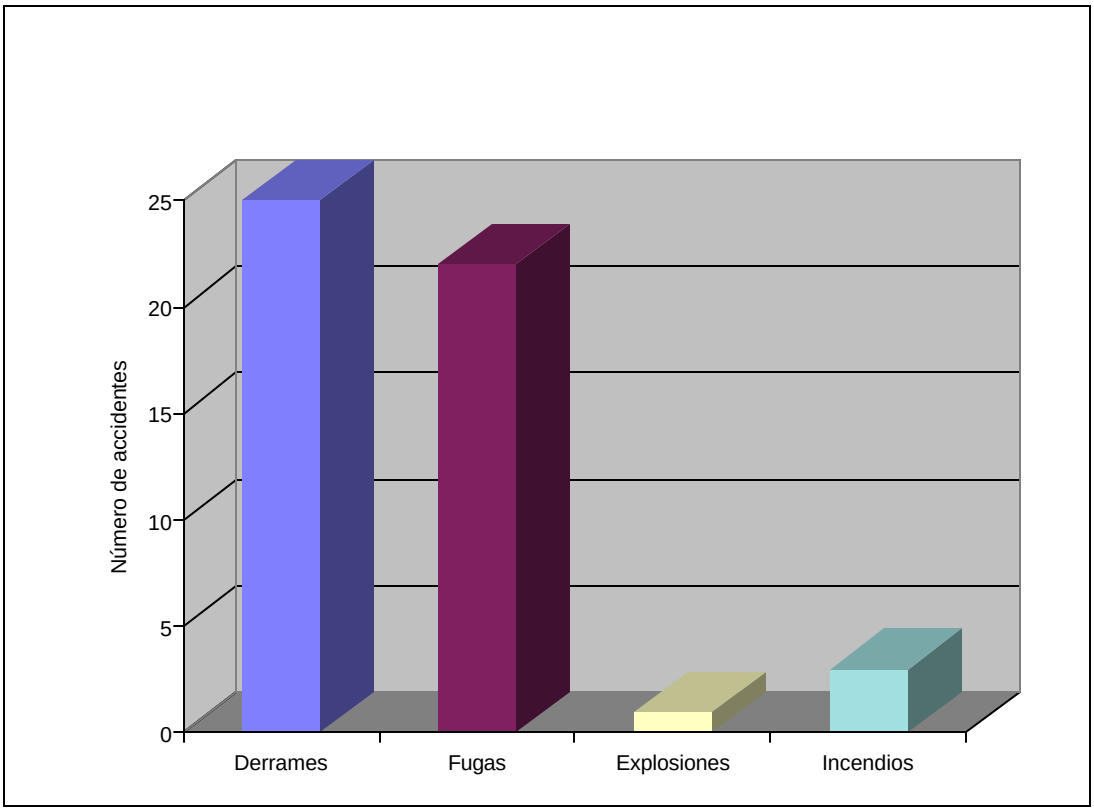
Durante el proceso de comercialización de los combustibles (gasolina Nova, Magna Sin y Diesel) ocurren diversos accidentes que traen como consecuencia la contaminación al ambiente. La mayor parte de la comercialización de la gasolina en territorio nacional se da en las ES, en donde hay un significativo número de accidentes relacionados con estos combustibles, que son: los derrames y las fugas (ver gráfico 3.1), éstos ocurren principalmente por fallas en los equipos asociados con el sistema de almacenamiento y distribución, mal estado y/o averías en el sistema de almacenamiento (corrosión, fisuras y abolladuras en los tanques y tuberías), sin embargo, los grandes derrames —hasta de 300 mil litros de gasolina en las plantas de almacenamiento— son principalmente resultados de errores humanos cuando se hacen maniobras de abastecimiento. Podemos asumir que en materia de almacenamiento y comercialización de las gasolinas se tienen aún deficiencias muy notables.

Los derrames de hidrocarburos pueden originarse en cualquier instalación que maneje hidrocarburos durante las actividades de transporte y comercialización, por ejemplo; en estaciones de servicio donde probablemente los derrames provienen del sobrellenado de los tanques, de los dispensarios (durante el servicio del equipo como podría ser el cambio de filtros) y/o de la operación de ésta cuando se suministra el combustible a los vehículos. Y sus riesgos potenciales pueden ser: explosión en el sistema de drenaje en la estación de servicio; emisión de gases tóxicos a la atmósfera; provocar contaminación en suelos, aguas subterráneas, aguas negras (drenaje) y

aguas continentales (ríos, lagos, arroyos, mares, etc.). El impacto sobre estos ecosistemas puede ser en menor o mayor grado dependiendo de las características físicas, químicas y del volumen derramado de combustible.

El hecho de recuperar los combustibles derramados en los mantos freáticos, puede representar un riesgo ambiental, ya que éstos pueden estar alterados por biodegradación o exposición prolongada al ambiente, y para estos desechos se requieren tratamientos adicionales para su disposición final de acuerdo a la normatividad ambiental. Los hidrocarburos recuperados que no hayan sufrido cambio tienen la posibilidad de ser reprocesados, dependiendo de la cantidad final de agua que éstos tengan, sin representar un riesgo secundario al ambiente.

Gráfico 3.1 Accidentes ocurridos en estaciones de servicio



Fuente: Sistema de Base de Datos de Accidentes Químicos Ocurridos en la República Mexicana ACQUIM CENAPRED, 1990-1995.

3.2 ALMACENAMIENTO

La selección del tanque —como sus dimensiones y capacidad— está influenciada por muchos factores como: el tipo de sistema de bombeo que se usara, la capacidad del vehículo que llenará este tanque (pipa), la distancia que hay de la planta o zona de almacenamiento a la estación de servicio, los volúmenes de ventas esperados, las condiciones del suelo, nivel freático (En la publicaciones de API No 1611: Guía para la capacidad de los tanques en estaciones de servicio y ANSI B90.1 contienen la información pertinente en relación con los factores que deben ser considerados en una adecuada selección del tamaño del tanque).

Estos factores conllevan riesgos latentes como: la corrosión que puede provocar daños en tanque y tuberías con el paso del tiempo y dar origen a fugas. Este hecho es una de las causas principales de contaminación de suelos y aguas subterráneas, por la razón obvia de que todo o la mayoría del equipo está en contacto con el suelo.

Las fugas en tanques de almacenamiento con productos como gasolina Nova, Magna Sin y combustible Diesel tienen como riesgos potenciales, incendio, cuando ocurren fugas en cantidad considerable, y los vapores inflamables pueden propagarse y provocar un incendio al encontrar una fuente de ignición; contaminación de suelos y aguas subterráneas en cantidad que causen efectos nocivos sobre la salud humana, animales y vegetación.

Los estudios realizados por agencias en materia ambiental y organizaciones que aportan sus conocimientos a favor del ambiente, revelan, que una de las causas más significantes en las fugas que ocurren en los sistemas de almacenamiento subterráneo (tanques) es la inadecuada instalación de éstos. (PEI/RP-94, 1994.)

Una aportación en la solución de este problema es proporcionar referencias de artículos y documentos publicados por estas instituciones, las cuales dan recomendaciones para minimizar la probabilidad de falla en un sistema de almacenamiento:

API RP 1625 (1987). Sistemas de instalación de tanque subterráneos de almacenamiento de productos de petróleo. 4ª edición.

ASTM D 4021-86. Especificaciones estándares para tanques de almacenamiento subterráneo (TAS) de poliéster reforzados con fibra de vidrio para productos de petróleo.

UL Estándar 1316. Estándares para TAS de plástico reforzado con fibra de vidrio para productos de petróleo.

Hay cinco zonas que tienen la función de contener los combustibles, las cuales pueden contribuir a las fugas de los líquidos almacenados: tanques, la red de tubería, dispensarios, líneas de abastecimiento de los tanques y bombas sumergibles.

Las emisiones a la atmósfera de compuestos orgánicos ocurren en cada uno de los siguientes sitios: estaciones de servicio; zonas de almacenamiento de combustibles y camiones de transporte de combustible (pipas). La solución a este problema son los sistemas de recuperación de vapores en estos sitios que se usan en las estaciones de servicio de dos y tres estrellas, pero Pemex no cuenta con un sistema de procesamiento de vapores para su condensación o adsorción, a lo más, éstos son incinerados, si es que los vapores recuperados en estos sitios llegan a un lugar de proceso, pero la incineración no es la mejor opción.

3.3 SITIOS EXPUESTOS A LA CONTAMINACIÓN POR COMBUSTIBLES

Los escenarios más comunes expuestos a cualquier accidente por el manejo y comercialización de gasolina son:

- Residencial
- De recreaciones
- Rural (Agricultura)
- Industrial
- Vida silvestre
- Suelo y agua subterránea (estos se tratan con detalle en el cuarto capítulo)

Escenario residencial (compuestos volátiles).

La inhalación de compuestos químicos volátiles vaporizados del suelo contaminado y la ingestión de éste, constituirán las principales fuentes de exposición (riesgo) particularmente si la contaminación es reciente. Ocasionalmente, aún cuando la contaminación está por debajo de la superficie del suelo (como es agudo para la salud o una explosión peligrosa, principalmente en sótanos localizados cerca del área. frecuente en el caso de tanque de almacenamiento subterráneo), la inhalación puede representar un peligro.

La segunda ruta más frecuente de exposición humana es normalmente el contacto cutáneo provocado por la vida media del contaminante en el ambiente.

En general la razón principal para restaurar sitios contaminados con Benceno, Tolueno, Etil-benceno e isómeros de Xileno (BTEX), es el hecho de que éstos se encuentren cerca del nivel freático, que pueden causar daños en especies acuáticas, más que la exposición humana directa.

Industrial y Residencial.

Las rutas más significantes de exposición en sitios industriales con suelo contaminado son, normalmente, contacto cutáneo e ingestión accidental por adultos. El contacto cutáneo tiende a ser la forma predominante, porque los adultos no ingieren tierra intencionalmente; de cualquier forma, con el contacto de la mano en la boca se pueden ingerir 0-10mg/día o más, ya que los hidrocarburos volátiles tienden a tener mucha movilidad en el suelo y estar presentes en la superficie del suelo. (CALABRESE, 1992).

Escenario de recreaciones.

Las fuentes de contaminación de suelos en áreas de recreaciones pueden ser numerosas. En algunos casos, las áreas de recreación como los parques, que fueron propiedades industriales, y que han sido abandonadas y tomadas por la ciudad. Con frecuencia, las áreas de recreación que anteriormente fueron campos industriales se consideran seguras tan sólo por el hecho de que fueron cubiertas y pavimentadas.

Tal como en el escenario residencial, los riesgos a la salud se deben a la ingestión accidental del suelo y el contacto cutáneo con la tierra por los niños e inhalación de vapores.

Escenario Rural (agricultura) y vida silvestre.

Cuando ocurre un choque y volcadura en la carretera, el combustible se derrama hacia los cultivos, que se encuentren cerca. Aunque se puede anticipar que la ingestión de vegetales o cereales crecidos en suelo contaminado son el principal vehículo de exposición de contaminantes en el medio rural, tanto para los seres humanos como para los animales que ingieren suelo y pastura contaminada. Ésta es considerada una forma indirecta de ingestión de contaminantes. Para sorpresa de muchas personas, aunque los animales ingieran cultivos y vegetación potencialmente contaminados, el principal problema es que la pastura del ganado absorbe un promedio de 0.9 Kg. de suelo por día, lo cual representa un 80% de lo que el ganado come al día. (CALABRESE, 1992).

Los riesgos que representa un área contaminada por combustibles a la población y al ambiente y las consecuencias que éstos representan, pueden ser diversos dependiendo de la forma en que éstos se asimilen. Ver tabla 3.4

Tabla 3.4 Estaciones para áreas contaminadas

Escenario	Riesgo
RESIDENCIAL	a)Suelo/ingestión de polvo, b) Asimilación cutánea c) Dermatitis peligrosa, d) Inhalación de vapores
DE RECREACIONES	a) Ingestión de suelo, b)Contacto cutáneo c) Inhalación de vapores
INDUSTRIAL	a)Ingestión de suelo, b) Asimilación cutánea c) Inhalación de polvo volátil, d) Agua subterránea
RURAL (agricultura)	a) Asimilación vía cereales, b) Asimilación por la pastura de los animales, c) Agua subterránea contaminada Polvo volátil
VIDA SILVESTRE	a) Asimilación por aves, b) Efectos adversos en la cadena alimenticia depredadora, c) Efectos en el desarrollo y reproducción

Fuente: Hydrocarbon Contaminated Soil and Groundwater, Edward J. Calabrese y Paul Kostecki Vol. 2, 1992, Pág. 15

3.3.1 Principales Fuentes de Contacto y sus Consecuencias

Las exposiciones potenciales a los combustibles pueden ocurrir al momento del llenado de tanques, vehículos, pipas, tanques de almacenamiento subterráneo, derrames y fugas en cualquiera de la formas ya mencionadas. Las fuentes secundarias de exposición son los sitios contaminados con estos hidrocarburos.

La toxicología (consideraciones generales). Aunque la composición de la gasolina ha cambiado con el transcurso del tiempo, sus farmacología, y toxicología básica no han tenido alteraciones significativas. Los síntomas de intoxicación por una exposición aguda son: inhabilidad para caminar con equilibrio, vértigo, risa e incoordinación. En exposiciones a concentraciones elevadas del hidrocarburo se debe considerar el peligro que representa el Benceno, ya que es el único capaz de bajar el sistema Hematopoyético.

Para la gasolina que contiene aún tetra etilo de plomo (TEP), éste no representa un significante riesgo de toxicidad por inhalación y contacto con la piel. La pequeña concentración de TEP en la gasolina efectivamente previene la absorción en cantidades significantes a través de la piel. De manera similar, la vaporización de éste es muy baja en temperaturas ambientales. Sin embargo, si la gasolina con TEP es derramada —o vaporizada en lugares cerrados— el TEP puede alcanzar niveles que excedan los límites de seguridad, al igual que ocurre con los

trabajadores expuestos a los vapores de gasolina con plomo que realizan trabajos de remoción de lodos en lugares contaminados. (API TOXICOLOGICAL REVIEW, 1960).

Efectos en la piel

La gasolina, en primera instancia, causa irritación en la piel; en contactos prolongados y repetidos causa resequedad y, a la larga, dermatitis.

Efectos en los ojos

La gasolina causa ardor y dolor al contacto por salpicaduras en los ojos, pero sólo malestares epiteliales pasajeros (API TOXICOLOGICAL REVIEW, 1967).

Los límites permisibles de exposición *por The American Conference Of Governamental Industrial Hygienists* son de 500ppm en un periodo de ocho horas al día.

Tabla 3.5 Tolerancia de niveles de concentración para los BTEX en el suelo en diferentes escenarios. E.U.

Escenario	Benceno	Tolueno	Etil-benceno	Xileno
Residencial	2ppm	1600ppm	8ppm	16,000ppm
Industrial	5ppm	2700ppm	13,000ppm	26,000ppm
Recreaciones	40ppm	6000ppm	15,000ppm	30,000ppm
Agricultura	400ppm	2000ppm	2000ppm	1000ppm
Agua subterránea	sitio específico	sitio específico	sitio específico	sitio específico
Vida silvestre	sitio específico	sitio específico	sitio específico	sitio específico

Fuente: Hydrocarbon Contaminated Soil and Groundwater, Edward J. Calabrese Y Paul Kostecki Vol. 2, 1992, Pág. 36

Si se observa detenidamente la tabla 3.5, se puede establecer el riesgo que cada uno de los componentes de los BTEX representa para la salud publica y para el ambiente. El benceno y etil-benceno son los más restringidos en el escenario residencial, ya que su toxicología sugiere que la exposición humana a éstos no debe ser en altos niveles. Por ejemplo, el benceno sólo puede estar presente en una concentración de 2 ppm, debido a su capacidad para disminuir el sistema hematopoyético (reducción de los glóbulos rojos en la sangre).

El Tolueno y el Xileno tienen un nivel de tolerancia un poco más elevado que los anteriores, pero básicamente causan los mismos efectos sin llegar al nivel del benceno.

En los escenarios posteriores al residencial se establecen niveles de tolerancia más altos, ya que se considera que el aforo de individuos es menor, y, por lo tanto, hay menor riesgo. En el escenario rural (agricultura) los niveles son sensiblemente más bajos. Este suceso obedece no tanto al asentamiento humano, sino al riesgo que representan para los vegetales y el ganado que de alguna forma es una fuente indirecta de exposición humana.

3.4 ACCIDENTES OCURRIDOS EN EL PERIODO 1990-1995 EN EL PROCESO DE COMERCIALIZACIÓN DE GASOLINAS AUTOMOTRICES Y DIESEL

Los riesgos que representan los accidentes con combustibles automotrices para el ambiente son diversos, por ejemplo, contaminación para la atmósfera, para el suelo y para el agua subterránea. A partir de éstos se derivan diversos riesgos indirectos para la salud pública. Un análisis de estos accidentes puede contribuir a la solución de este problema, debido a que se

pueden identificar las zonas y/o escenarios con mayor incidencia de accidentes a nivel estatal y federal y, a partir de esto, determinar las técnicas correctivas para lograr la mitigación de éstos.

Los Estados de la República Mexicana tienen una incidencia en accidentes muy diferentes unos de otros. Esto se debe, entre otras razones, a que las actividades con estos combustibles son muy altas en unos y no tanto en otros, lo cual se puede atribuir a que algunos Estados tienen grandes asentamientos humanos y vehículares en proporción a su extensión territorial. Otra causa puede deberse a que los Estados tengan gran actividad petrolera, pero esto se puede determinar si se analiza los accidentes Estado por Estado.

Los accidentes reportados en el periodo 1990-1995 a lo largo y a lo ancho de la República se describen en Apéndice "B" y en este capítulo sólo se hace el análisis de éstos:

Si se divide la República Mexicana en tres zonas geográficas (Norte, Centro y Sur), se tendrá una visión más amplia de los accidentes en que incurren los Estados de cada zona. Por ejemplo: la Zona Norte del país (según la tabla 3.6) tiene 35 accidentes. Que divididos entre los 10 Estados que la conforman, se tiene un promedio de 3.5 accidentes por Estado, pero esto no es totalmente cierto, ya que Zacatecas tiene cero accidentes durante este periodo. Si se observa el mapa 3.1, se notará que la incidencia de cada Estado no es muy semejante.

Mapa 3.1 Accidentes en la zona norte de la República Mexicana

Si se analiza el mapa 3.1, se podrá establecer que los Estados de la frontera con su bajo número de pobladores (dos millones de habitantes en promedio, a excepción de Nuevo León, que supera los tres millones), en contraste con sus extensiones territoriales, son los que mayor número de accidentes tienen en la zona norte del país. Este fenómeno puede estar en función de diversas situaciones como: las grandes actividades que tienen estos Estados en la zonas fronterizas (autotransporte, maquiladoras, etc.); la gran afluencia de vehículos foráneos, y el hecho de que las ciudades fronterizas tengan concentrada la mayor parte de la población de estos Estados.

Como el porcentaje de accidentes de estos seis Estados es casi el 75% de toda la zona norte, entonces se puede establecer que los accidentes ocurren con mayor frecuencia en las zonas que tienen mayor actividad industrial y movilidad social.

La zona centro del país es la que tiene el mayor número de accidentes. Para ser exactos, 88. Los Estados que engloban la mayoría de estos percances son: Jalisco, México y el Distrito Federal. Ver mapa 3.2

Mapa 3.2 Accidentes en la zona centro de la República Mexicana

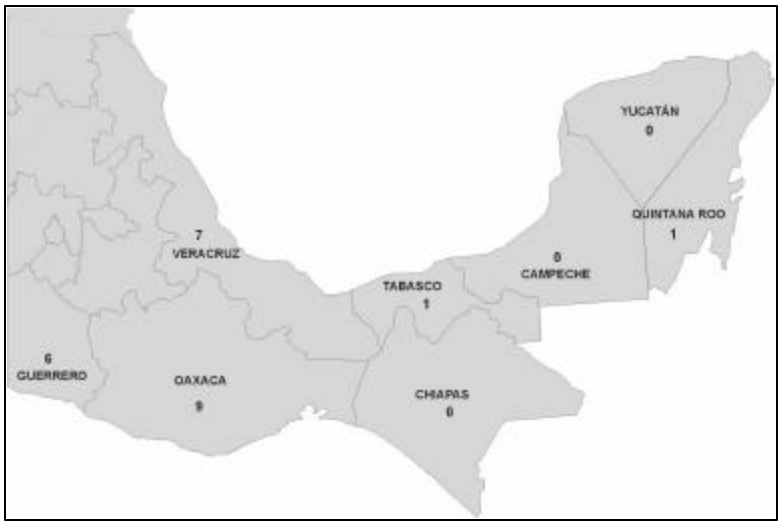
Estos sucesos indudablemente ocurren a causa de los grandes asentamientos humanos que hay en esta zona. Como consecuencia de esto el número de automóviles es muy elevado en comparación con las otras dos zonas en que se ha dividido la República Mexicana.

Otro aspecto muy importante es que el número de estaciones de servicio en esta zona ocupa el primer lugar, y es aquí donde ocurren la mayor parte de accidentes, y por lo tanto la contaminación del suelo y del agua subterránea Hay otra fuente de contaminación que no es precisamente un accidente, y que vale la pena mencionar: la emisión de vapores de gasolina cruda a la atmósfera al momento del despacho de combustible. Se estima que en 1993, tan sólo en el Valle de México, se emitieron 70 millones de litros de gasolina a la atmósfera, una cantidad impresionante pero del todo conservadora.

La zona sur del país cuenta con tan sólo 24 accidentes (ver la tabla 3.6). Esta zona no presenta mucho problema, ya que cinco de los ocho Estados que la conforman tienen reportados

sólo dos accidentes en el periodo 1990-1995, y esto es consecuencia de su baja población. Ver mapa 3.3

Mapa 3.3 Accidentes en la zona sur de la República Mexicana



Los Estados con mayor número de accidentes (más del 90%) en la zona (Veracruz, Guerrero y Oaxaca) son los que tienen mayor actividad industrial y, por consecuencia el mayor número de habitantes. Esto refleja fielmente que los mayores riesgos se corren en las ciudades y en las zonas industriales que demandan grandes volúmenes de estos combustibles automotrices.

Un análisis a nivel federal de los accidentes ocurridos en el periodo 1990-1995 con gasolina y diesel proporcionará una visión más amplia y una identificación precisa de los accidentes con mayor incidencia en el territorio nacional. Las tablas 3.6 y 3.7 (de las cuales se elaboran diversos gráficos que representarán estos sucesos con mayor claridad) ilustran el tipo y número de accidentes en tres diferentes escenarios: estaciones de servicio, autotransporte (volcaduras y choques de autotanques), y escenarios distintos (ductos, empresas particulares que consumen estos combustibles, etc.).

Tabla 3.6 Accidentes con gasolinas durante el periodo 1990-1995

Tipo	Eventos	E. de Servicio	Transporte	Escenarios distintos
Derrames	66	25	31*	10
Fugas	27	22	0	5
Explosiones	7	1	3	3
Incendios	5	3	1	1
D/I	4	0	1	3
D/E	3	0	2	1
F/E	1	0	0	1
Total	113	51	38	24
Total porcentual	100%	45.2%	33.6%	21.2%

* Cinco choques y diecinueve volcaduras.
D/I Derrame e incendio
D/E Derrame y explosión
F/E Fuga Explosión

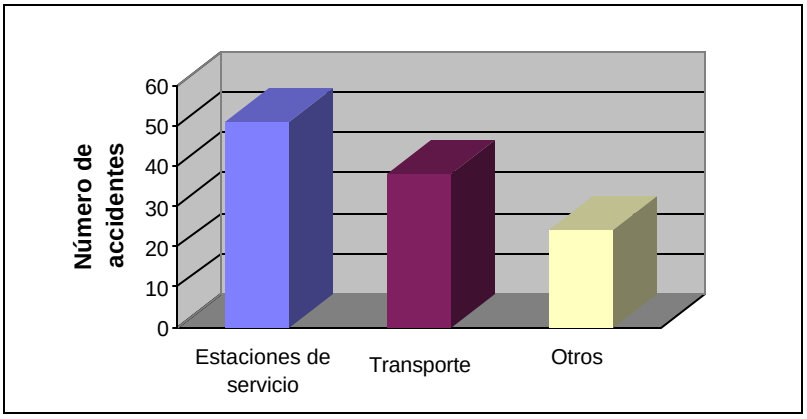
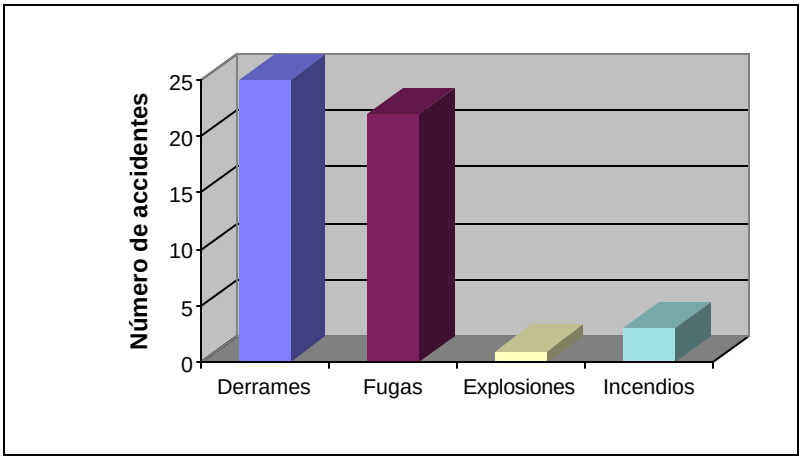


Gráfico 3.2 Accidentes con gasolina ocurridos en estaciones de servicio durante el transporte y otros

Gráfico 3.3 Accidentes con gasolina ocurridos en estaciones de servicio



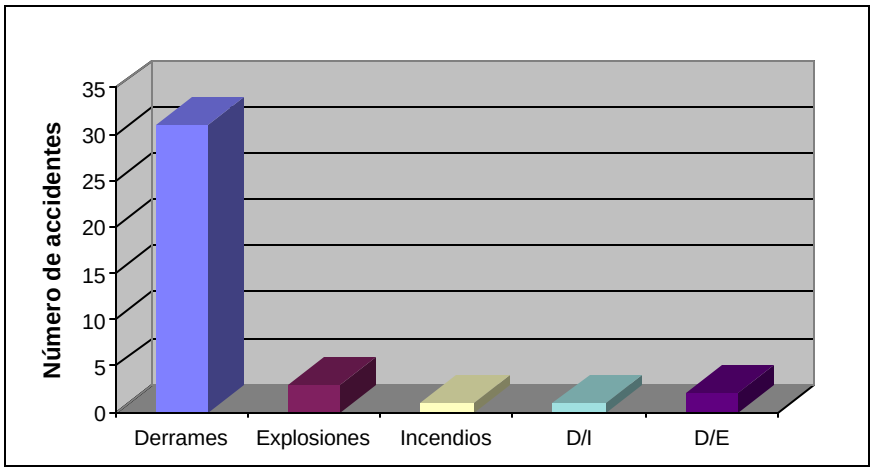


Gráfico 3.4
Accidentes con gasolina ocurridos durante el transporte

D/I: Derrame / Incendio

D/E: Derrame / Explosión

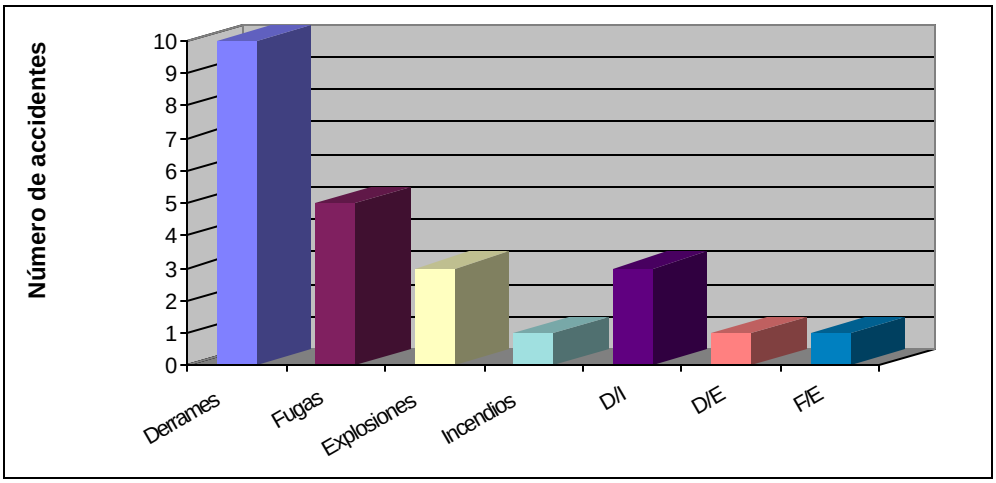


Gráfico 3.5
Accidentes con gasolina ocurridos en escenarios distintos

D/I: Derrame / Incendio

D/E: Derrame / Explosión

F/E: Fuga / Explosión

De acuerdo con las gráficas anteriores, se puede establecer que el mayor número de accidentes con gasolina ocurren en las estaciones de servicio (ver gráfica 3.2), y que las fugas y los derrames son los más abundantes dentro de las instalaciones de éstas mismas (ver gráfico 3.3). Esto se debe básicamente a que no se cuenta con los sistemas de seguridad necesarios para prevenir estos accidentes en los equipos de suministro, almacenamiento y despacho de combustible

y/o a los errores humanos en el manejo de este combustible. Es por ello que se debe pensar en técnicas y tecnologías para minimizar estos riesgos.

El transporte ocupa el segundo sitio de incidencia de accidentes con gasolina (ver gráfica 3.2), básicamente los choques y las volcaduras de los carros tanque (en general, para derrames, ver gráfico 3.4) son el problema medular de esta actividad. Estos percances son producto de excesos de velocidad, imprudencia por parte de los operadores y mal manejo del combustible por parte de los trabajadores. La forma de solucionar este problema puede ser la implementación de sistemas que limiten la velocidad de éstos vehículos (pipas), a 85 km/h, y que además se haga una selección más rigurosa de los operadores.

El combustible diesel presenta el siguiente comportamiento:

Tabla 3.7 Accidentes con diesel en el periodo 1990-1995

Tipo	Eventos	E. de. Servicio	Transporte	Escenarios Distintos
Derrame	16	2	7*	7
Fuga	7	2	2	3
Explosión	4	0	2	2
Incendio	2	0	0	2
E/I	1	1	0	0
Total	30	5	11	14
Total porcentual	100%	16.7%	36.6%	46.7%

* 4 Choques y 3 Volcaduras
E/I: Explosión Incendio

Gráfico 3.6 Accidentes con diesel ocurridos en estaciones de servicio, durante el transporte y otros

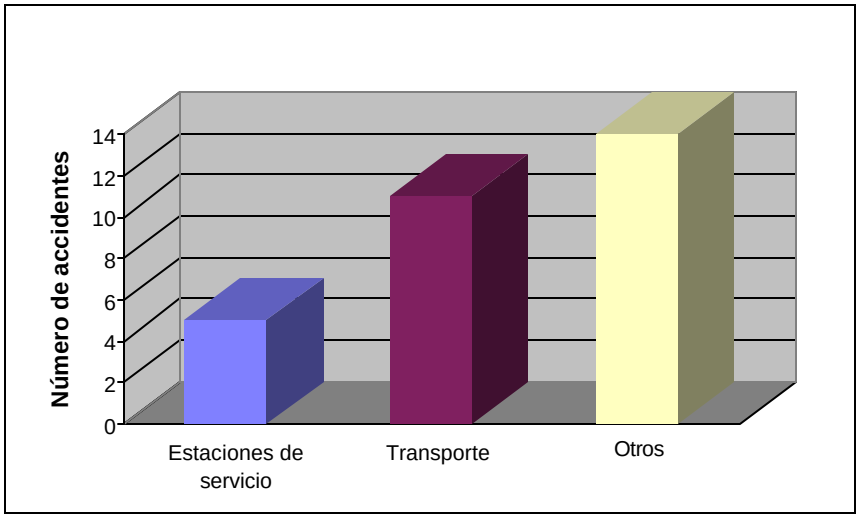
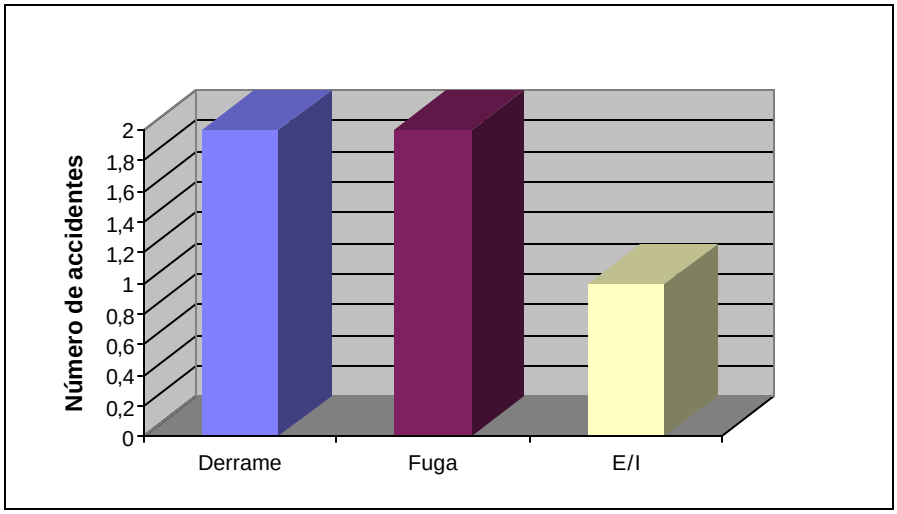
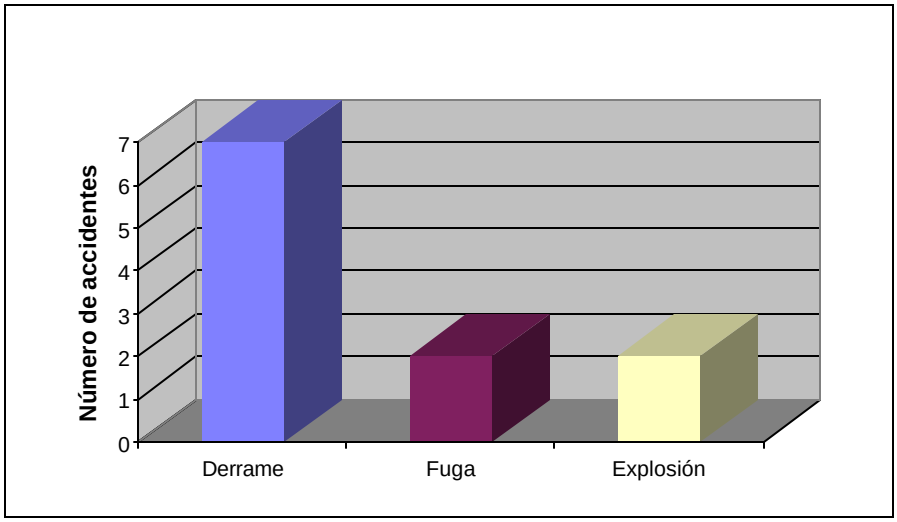


Gráfico 3.7
Accidentes con diesel ocurridos en estaciones de servicio



E/I: Explosión/Incendio

Gráfico 3.8 Accidentes con diesel ocurridos durante el transporte



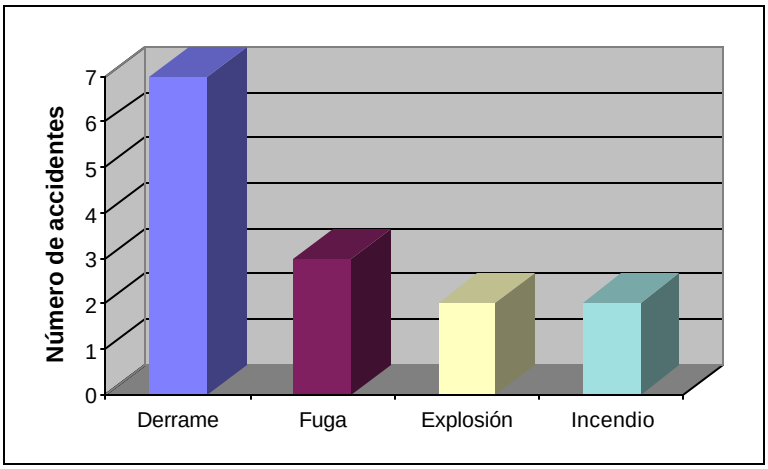


Gráfico 3.9
Accidentes con diesel ocurridos en escenarios distintos

Los accidentes que ocurren con el combustible diesel no son un problema tan grave para las estaciones de servicio como lo es la gasolina (ver gráfica 3.6), debido a que su nivel de comercialización en estaciones de servicio no es tan alto como lo son las gasolinas. Pero de cualquier forma, la contaminación provocada por este combustible se da principalmente por derrames y fugas (ver gráficos 3.6-9), y esto no deja de representar un riesgo para la salud y para el ambiente. Por lo tanto, se deben aplicar medidas que mitiguen estos riesgos, considerando la tecnología disponible, así como la capacitación adecuada a los operadores y personal directamente involucrado en el manejo de la gasolina.

CAPÍTULO IV

CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y MANTOS ACUÍFEROS POR GASOLINA

La contaminación es provocada principalmente por las fugas y derrames de combustibles (hidrocarburos), que provienen de tanques de almacenamiento subterráneo, y de accidentes que ocurren con los vehículos de transporte (pipas y carros tanque, ver figura 4.1). Los componentes solubles de la gasolina son los contaminantes más abundantes en el agua subterránea (AS). Cerca del 60% de los contaminantes son hidrocarburos monoaromáticos: benceno, tolueno, etil-benceno e isómeros de xileno, identificados como el grupo de los BTEX que a su vez están dentro del concepto de las fases liquidas no acuosas, por sus siglas en inglés "NAPL's" (*Non Aqueous Phase Liquid*). —Los NAPL's se presentan como líquidos de coloración café-negra-obscura constituidos por compuestos químicos orgánicos, identificados en el suelo y en el agua subterránea del relleno sanitario. Las consideraciones de los NAPL's son: que la mezcla es de compuestos químicos orgánicos (líquido); la mezcla no es acuosa en la naturaleza; la mezcla es inmiscible con agua y existe como una fase liquida separada cuando está presente en agua (hidrofóbica). Los NAPL's están clasificados en dos grupos: DNAPL (Mayor densidad que el agua.) y LNAPL (Menor densidad que el agua.) —

Muchos estudios han mostrado que los BTEX presentes en el agua subterránea (AS) se degradan bajo condiciones aeróbias y anaeróbias. La degradación anaerobia de los BTEX es posible, particularmente bajo condiciones desnitrificadas (ACTON Y BARKER 1992), estos resultados se han combinado (cfr., BIANCHI-MOSQUERA, et al, 1994).

Los Hidrocarburos que forman parte de las gasolinas se clasifican en alifáticos, alicíclicos y aromáticos.

Alifáticos: Son compuestos saturados con fórmula general C_nH_{n+2} (alcanos y parafinas) y no saturados (alquenos y alquinos).

Alicíclicos: Son compuestos con propiedades alifáticas. Estos compuestos se agrupan en series análogas a las de los compuestos alifáticos.

Aromáticos: Son compuestos que contienen por lo menos un benceno.

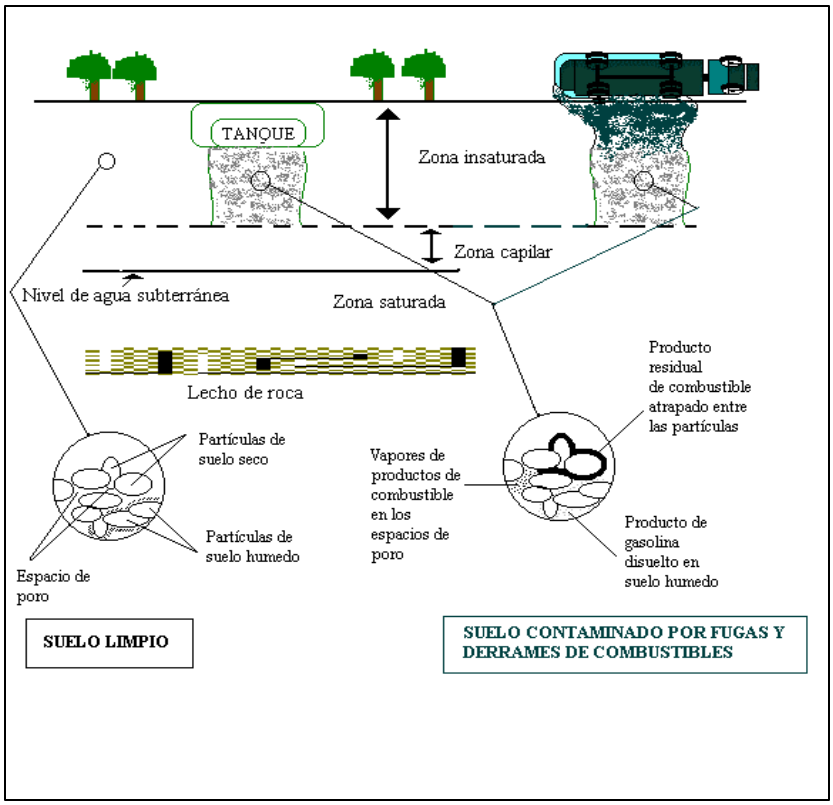


Figura 4.1 Contaminación de suelo y agua subterránea por gasolina

Fuente: Modificado de Cleanup Of Petroleum Contaminated Soil At Underground Storage Tanks, Part One. Warren, J. Lyman 1990.

Los compuestos aromáticos se subdividen a su vez en tres series:

- Serie del benceno; que comprende los derivados alifáticos y alicíclicos como el tolueno y etilbenceno. Estos compuestos se manejan dentro del término LNAPL's ya que son menos densos que el agua.

- Serie polifénilica: comprende compuestos con dos o más anillos de benceno unidos entre sí como: Bifenilo, trifenilo, etc.

- Serie de los aromáticos polinucleares: comprenden compuestos que contiene dos o más anillos fusionados, por lo menos uno de los cuales es un anillo bencénico: antraceno, indeno, etc.

Los combustibles están formados por cientos de compuestos orgánicos en diferentes proporciones, una de éstas es la fracción de los aromáticos (volátiles) que son los que representan más riesgos al ambiente y a la salud, por ejemplo: benceno, tolueno, etilbenceno, e isómeros de xileno.(BTEX); aditivos como dibromo-etileno (DBE), metil-terbutil-éter (MTBE), o complejos organoclorados. (cfr., DOUGLAS, 1985).

Algunas de las mezclas comerciales más comunes incluyen: gasolina, diesel, queroseno, aceite No. 2, aceite No. 6 y turbosina. Los BTEX son los compuestos más comunes, por lo cual ordinariamente se identifican dentro del estudio de los LNPL'S en derrames y fugas que provienen principalmente de tanques subterráneos de almacenamiento, que es donde éstos se encuentran presentes.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS BTEX

Los BTEX son un subproducto de la destilación del petróleo, excepto el etilbenceno (derivado del estireno) cuyos usos más comunes son: plásticos. resinas, disolventes de pinturas, colas, barnices y tintas de imprenta; como aditivo en gasolinas y en síntesis de compuestos orgánicos.

Las vías de ingestión con más riesgo son la respiratoria y la cutánea; la digestiva se puede considerar como accidental, pero con alto riesgo por la elevada adsorción intestinal. (Ver tabla 4.1) (ITURBE, 1996).

4.1.1 Proceso de Transporte y Biodegradación de los BTEX

Generalmente se considera a los BTEX como los compuestos orgánicos de mayor toxicidad y mayor movilidad (Infiltración y transporte) en el agua subterránea y en el suelo. (ITURBE, 1996).

Dos factores importantes por considerar cuando se presenta un derrame de gasolina son:

- La posibilidad de que los BTEX migren hasta alcanzar el manto acuífero.
- El riesgo que representa para la salud de la población por consumo de agua contaminada.

Tabla 4.1 Los principales efectos tóxicos que produce son:

Característica	Benceno	Tolueno	Etilbenceno	Xileno
Depresión del sistema nervioso central.	•	•	•	•
Irritación cutánea.	•	•	•	•
Daño hematológico.	•			
Irritación de las vías respiratorias		•	•	•
Propiedades químicas y físicas				
Fórmula	C6H6	C6H5CH3	C6H5C2H5	C6H4(CH3)2
Peso molecular g/mol:	78.1	92.13	106.16	106.16
Apariencia: líquido	incoloro.	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Gravedad específica g/ml:	0.879	0.866	0.867	orto: 0.881 meta: 0.881 para: 0.861
Punto de fusión ºC	5.5	-95	-94.4	13.2
Punto de ebullición ºC	80.1	110.8	136.2	138.5
Solubilidad en agua: ppm	700	500	100	0.0

Fuente: Elaborado con Base en la Información del Documento: Contaminación de Aguas Subterráneas, Iturbe, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería DEPFI, 1996.

4.1.1.1 Infiltración de los BTEX

Entender el fenómeno de transporte de los contaminantes, como su migración en, y a través del subsuelo, es una parte importante en la evaluación y restauración del agua subterránea. Las características del transporte se usan frecuentemente como bases para designar el sistema de monitoreo que se va a aplicar sobre el agua subterránea y para la selección de los métodos de saneamiento.

Los parámetros de transporte usados en la mayoría de los modelos incluyen conductividad hidráulica, densidad del contaminante, contenido volumétrico de agua y velocidad lineal aproximada, capacidad residual de saturación. (ITURBE, 1996).

I.- Zona insaturada (ver figura 4.1)

Los BTEX viajan a través del suelo buscando la ruta más permeable. Algunas veces los hidrocarburos pueden formar lagunas temporales en la superficie del suelo cuando ésta tiene un alto contenido de arcilla y es poco permeable. Por otro lado, un suelo arenoso puede permitir una rápida infiltración.

La viscosidad de los hidrocarburos interviene en la tasa de infiltración que es mayor para los más ligeros.

El transporte vertical de contaminantes en la zona no saturada se da debido a la gravedad y las fuerzas capilares. La migración hacia el manto acuífero en forma vertical de los BTEX se pueden detener en forma natural y se debe a los siguientes factores: a) que los compuestos sean degradados, b) que se topen con una capa permeable y c) que alcancen la zona de capilaridad.

II..- Capacidad residual de saturación

Cuando ocurre un derrame de hidrocarburos ligeros, éstos comienzan su migración vertical hasta que se presenta uno de los factores mencionados anteriormente. Sin embargo, no todo el material derramado viaja a la misma velocidad, ya que parte de éste se queda atrapado en los espacios intergranulares del suelo. La cantidad de material que queda atrapada depende tanto de la porosidad del suelo como de las propiedades físicas del contaminante. (ITURBE, 1996).

III.- Retorta

Si una masa de hidrocarburos que migra verticalmente hacia el manto se topa con una capa impermeable, ésta se extenderá lateralmente hasta que: a) la masa de hidrocarburos se transforme en una solución saturada residual, o b) la migración lateral alcance una zona permeable que le permita continuar con su migración vertical; la cual continuará hasta que: a) la masa de hidrocarburos sea transformada en una solución residual saturada, o b) se tope con otra barrera impermeable, o c) alcance la zona capilar y forme una capa de lodo (retorta).

La retorta viajará hasta convertirse en una solución saturada o hasta alcanzar una zona de descarga de agua subterránea. En la zona capilar el agua le impedirá el paso a la retorta, ya que los poros se encuentran saturados de agua. El avance de la retorta estará en función de las fluctuaciones estacionales (temporales). (ITURBE, 1996).

IV.- Conductividad hidráulica

La presencia de volúmenes de hidrocarburos en el suelo puede ocasionar variaciones en la conductividad hidráulica de éste.

Dos mecanismos que pueden describir este cambio son:

La constante dieléctrica del hidrocarburo. Esta constante representa la habilidad de un líquido para transmitir una carga. La mayoría de los hidrocarburos poseen constantes dieléctricas menores que la constante dieléctrica del agua. La entrada de los hidrocarburos en los espacios intergranulares obliga al agua y a los iones a salir, y actúa como aislante entre las fuerzas electrostáticas de repulsión que emanan de dos partículas adyacentes. Como resultado de la carencia de iones y la presencia de un aislante, los espacios intergranulares podrían disminuir significativamente y causar grietas mayores y fisuras para ocupar espacios antes ocupados por partículas de suelo. Estas grietas y fisuras pueden funcionar como canales o conductos para la migración de hidrocarburos, y consecuentemente se producirá un incremento considerable de la conductividad hidráulica del suelo.

El efecto de la masa de hidrocarburos en la estructura del agua en los espacios intergranulares. Cuando una masa de hidrocarburos entra a los espacios intergranulares, ésta empuja al agua (dipolar) fuera de los espacios que ocupaba y destruye la estructura del agua, la cual se extiende fuera de la superficie de las partículas. (ITURBE, 1996).

4.1.1.2 Biodegradación de los Hidrocarburos Ligeros (LNAPL'S)

"La transformación de benceno y sus compuestos derivados involucra la acción de ciertas enzimas conocidas como oxigenasas. El oxígeno molecular se incorpora en la estructura del anillo aromático para formar un producto de degradación (di-hidroxibenceno).

Después, el anillo aromático se destruye por división, y se forman los nuevos productos alifáticos de degradación.

Muchos derivados del benceno poseen grupos funcionales alifáticos. Si el grupo funcional es realmente largo, éste es generalmente el primero en ser degradado. si es corto, entonces la biodegradación puede ocurrir por transformación del grupo funcional alifático o por oxidación del anillo aromático.

La biodegradación de los compuestos químicos aromáticos puede ocurrir en un sistema anaerobio. Este patrón involucra la reducción del anillo aromático a la forma cíclica que puede ser degradada a otros productos." (ITURBE,1996).

4.1.1.3 Comportamiento de los Btex en Presencia de Agente Oxidantes como el Metanol

Los BTEX son compuestos que constituyen la fracción más soluble y de mayor movilidad de las gasolinas. La presencia de agentes oxidantes como el metanol en las gasolinas interfiere en el comportamiento de los BTEX en el suelo subsuperficial de las siguientes formas: (ITURBE,1996).

- Incrementando la solubilidad de éstos en el agua por la acción del metanol, por ejemplo, un estudio de laboratorio muestra que una concentración de metanol del 50% aumenta la solubilidad de éstos mismos siete veces.

- Incrementando la movilidad de los BTEX una vez disueltos en el agua subterránea (disminuye el factor de retardo, por lo que los éstos alcanzan más rápido el agua subterránea)

- Disminuyendo la biodegradación de estos compuestos, por lo que aumenta su presencia en las aguas subterráneas (esto es debido a que, al disminuir el factor de retardo, el tiempo de contacto del benceno, tolueno, etil-benceno y xilenos con los microorganismos del suelo es menor. Por otra parte, el metanol resulta tóxico para los microorganismos capaces de degradar BTEX).

4.1.2 Análisis de Suelo y Agua Contaminada por Gasolina

Los derrames y fugas de productos del petróleo incluyendo la gasolina y el combustible diesel, frecuentemente se encuentran en la contaminación de AS y suelos. Los análisis requeridos para evaluar la extensión de cuánto se ha fugado y el riesgo que éste representa para la salud pública y al ambiente toman diversas formas. Los objetivos analíticos son también diversos y a menudo pobremente especificados.

Los métodos más comúnmente usados para el análisis de suelos y AS contaminadas se desarrollan por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (*Environmental Protection Agency of United States* "USEPA").

La composición de los productos también puede cambiar dramáticamente una vez que la fuga se encuentre en la zona insaturada. El proceso responsable incluye: volatilización, disolución, degradación aeróbica y anaeróbica. Estos procesos influencian en mayor o en menor grado a ciertos compuestos o grupos de compuestos, y la razón de cambio está en función de las condiciones del ambiente.

Los métodos analíticos de USEPA incluyen El método 413.1 "Aceites y grasas" y el método 418.1 "Hidrocarburos totales recuperables"

Los métodos 418.1 y 413.1 Especifican la extracción de residuos de hidrocarburos de suelos y aguas usando disolventes orgánicos (triclorofluoretano). Después de la extracción, la muestra se desecha y el solvente se trata con gel de sílice para remover los materiales residuales.

Una gran ventaja que tienen estos métodos es que el costo de la instrumentación es modesto y no son necesarias extensas instrucciones de técnicas analíticas. Lo cual se manifiesta en bajos costos y excelentes resultados precisos. Desafortunadamente, hay algunas limitaciones importantes: Las medidas exactas pueden variar vastamente, dependiendo de los productos involucrados y la extensión y los cambios químicos que hayan sufrido después del derrame. (CALABRESE, 1993)

Un método que vale la pena mencionar es el EPA 8240, el cual determina la concentración de los BTEX en agua contaminada por gasolina:

Los BTEX tienen una relativa solubilidad acuosa (en la tabla 4.2 se muestra que el más pequeño, el benceno, se considera muy tóxico). En Estados Unidos el nivel máximo de este compuesto en agua para beber es de cinco microgramos por litro.

La tabla está elaborada a partir de un experimento hecho en laboratorio, donde el agua fue equilibrada con gasolina sin plomo, es decir, que se contamino con gasolina. "Considerando que la solubilidad de la gasolina en el agua llegaría a la saturación, para posteriormente tomar muestras del agua y analizarla en condiciones equivalentes de acuerdo con el método EPA 8240. Los compuestos detectados fueron: benceno, tolueno, etilbenceno, e isómeros de xileno (BTEX). Estos compuestos son objetivo de análisis en éste y en otros métodos, ya que se encuentran en altas concentraciones en las gasolinas. Y, como el problema que se esta tratando es la contaminación de suelos y agua subterránea por gasolinas, estos métodos ayudan significativamente para saber el grado de contaminación que pueden tener las aguas subterráneas". (CALABRESE, 1993).

Tabla 4.2 Análisis de Agua Equilibrada con Gasolina sin Plomo[1]

COMPUESTOS	Concentración (miligramos por litro)
" compuestos blanco"	
Benceno	29.95
Tolueno	42.6
Etilbenceno	2.4
Isómeros de Xileno	14.7
"compuestos no blanco"[2]	
Metil-terbutil-eter	116.0
1,3 Pentadieno	0.1
2-Metil-2-buteno	0.1
2-Metil-1-buteno	0.1
Isómero metil-pentadieno	0.1
2-Metil-tiopentano	0.1

[1] Fuente: Calabrese, Principles And Practices For Petroleum Contaminated Soil, 1993

4.2 TECNOLOGÍAS Y PRÁCTICAS PARA EL CONTROL DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Aproximadamente desde finales de la década de los 80's el conocimiento de la naturaleza de contaminantes orgánicos en aguas subterráneas ha avanzado considerablemente a causa de gastos de más de un billón de dólares (MACKAY, 1989) en sitios de investigación y actividades de limpieza principalmente por E.U. y Canadá.

Varios contaminantes se encuentran en el agua subterránea, sobre todo los usados extensamente en la industria como son: los disolventes e hidrocarburos aromáticos que son productos principalmente del petróleo. Mucha si no toda la contaminación de aguas subterráneas de este tipo la causan los derrames o desechos de líquidos orgánicos inmiscibles en agua (NAPL's) del subsuelo y la forma de evitar que la contaminación se haga más grande es: establecer sistemas de monitoreo en estos sitios.

La figura No 4.1. ilustra uno de los muchos ambientes subterráneos granulares que se conocen, así como las fases en las cuales los contaminantes pueden estar presentes y emigrar a través del medio poroso que comprende la zona no saturada (arriba del nivel freático). Una vez liberada de la superficie la masa total de cada contaminante se puede distribuir entre varias fases por el movimiento de vapores y líquidos y la difusión de contaminantes dentro de ella.

Con respecto a los esfuerzos de limpieza, es aconsejable primero remover las fuentes de NAPL's del subsuelo todo lo que sea posible, porque probablemente estos tengan la mayor masa de contaminantes fugitivos (migrantes) que posteriormente llegarán al agua subterránea. En relación

con los LNAPL's como el benceno y otros aromáticos productos del petróleo, los cuales flotan en el agua subterránea, se ha tenido gran éxito para localizarlos y extraerlos por medio de bombeo a la superficie en significante cantidad.

El problema de la limpieza de agua subterránea aumenta por el deseo de retornar a los acuíferos la calidad de agua para uso potable. La cual para algunos contaminantes importantes en Estados Unidos, requieren menos de 100 partes por billón (ppb) y en algunos casos menos de 5 ppb (Ver Tabla 4.3). (MACKAY, 1989).

Tabla 4.3 Comparación de estándares de solubilidad de BTEX en agua para beber

Compuesto	NYSDEC GUIDELINE[3] (µg/L)	HWC GUIDELINE[4] (µg/L)
Benceno	1.5	5
Tolueno	50	24
Etilbenceno	50	2.4
Xilenos	50	300

Fuente: Douglas M Transport of Organic Contaminants, 1985.

En fuertes investigaciones se ha encontrado que no es fácil predecir en dónde se encuentran los charcos de NAPL. El desconocimiento del tamaño, la localización de éstos y de las zonas residuales de NAPL's, hace muy complicado el hecho de predecir qué tan largo debe ser el programa de saneamiento que se debe operar para limpiar el acuífero, por lo cual se recomienda hacer monitoreos extensivos. (MACKAY, 1989).

4.2.1 Monitoreo para la Identificación y Caracterización de Sitios con Napl's

Los objetivos de aplicar un sistema de monitoreo es recopilar toda la información posible, acerca del sitio contaminado. Los siguientes puntos forman parte de estos objetivos, los cuales son: determinar la naturaleza y magnitud de la contaminación; determinar el riesgo que representa a la salud y al ambiente; seleccionar y diseñar opciones de restauración; evaluar la eficiencia y la restauración.

En el monitoreo de los NAPL's se deben considerar preferentemente los siguientes puntos:

- El monitoreo del bulbo de contaminación, ya que éste representa el volumen y el espacio que ocupan los NAPL's en la zona insaturada.

- El monitoreo de la fuente, que generalmente proporciona información sobre el volumen derramado o que se fugó.

La decisión de monitorear bulbos de contaminación es relativamente fácil: porque las opciones de restauración son comúnmente evidentes; el riesgo de causar condiciones peores de contaminación del agua subterránea es baja. Pero se pueden implementar procedimientos para evitar al máximo la migración de los LNAPL's cuando se hace una perforación, para monitoreo

[3] Nysdec Guideline: New York State Dept. Of Envairomental Conservation Guideline For Potable Wroundwater 1984.
[4] Hwc Guideline: Health And Welfare Canada Guideline For Derinking Water.

como: usar lodos muy pesados; evitar la perforación en zonas no conocidas cercanas a la fuente de LNAPL's; usar técnicas de monitoreo previamente designadas.

4.2.2 Designar un Sistema de Monitoreo de Agua Subterránea

La primer razón para instalar un sistema de monitoreo de AS es proveer un acceso a la zona a medida que se determinen las condiciones de campo. Si el sistema se instala correctamente, y las muestras recolectadas de los pozos se analizan adecuadamente, esto proveerá medios para evaluar la contaminación del cuerpo de agua. Una excelente guía para saber como diseñar e instalar los sistemas de monitoreo para este tipo de agua es el " Manual de prácticas sugeridas para el diseño de sistemas de monitoreo e instalación de pozos de monitoreo de AS" (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, "HANDBOOK OF SUGGESTED PRACTICES FOR THE DESIGN AND INSTALLATION OF GROUNDWATER MONITORING WELLS" EPA/600/4-89/034, ENVIRONMENTAL MONITORING SYSTEMS LABORATORY).

4.2.2.1 Factores por Considerar en un Sistema de Monitoreo

En un efectivo sistema de monitoreo de AS, influyen diversos factores en su diseño e instalación, estos incluyen:

- Condiciones geológicas e hidrológicas. Las cuales afectan directamente la incidencia y transporte del AS y el transporte del contaminante.

- Se deben tener las siguientes consideraciones en el tipo de suelo que incluyen: permeabilidad del suelo, altura y fluctuaciones provocadas por las estaciones temporales en el nivel freático, característica de los acuíferos y dirección del AS.

- Características de instalaciones. Éstas dependerán de los tipos de instalaciones que se encuentren en el área, (instalaciones de desechos "disposición") como: confinamientos de residuos peligrosos, sistemas de inyección subterránea, tanques de almacenamiento subterráneo etc.) que requerirán diferentes sistemas de monitoreo, ya que las características de los residuos (contaminantes) son diferentes, tales como solubilidad y miscibilidad.

- Otra información específica de campo que se debe tomar en cuenta: la edad de los tanques por un lado, y, por el otro, las actividades que se practican en el sitio.

- El pozo se debe diseñar para manejar cierto equipo, como dispositivos de medición y equipo de muestreo de AS, para poder llevar a cabo la identificación de los contaminantes (en la tabla 4.4 se muestran algunos métodos). (cfr. GALYLE WOOD, 1993).

Tabla 4.4 Ejemplo de contaminantes comúnmente encontrados en AS y el método analítico apropiado

Tipo de contaminante	Método utilizado (recomendable)
Orgánicos volátiles halogenados	Cromatografía de gases(CG)
Orgánicos volátiles no halogenados	CG
Orgánicos aromáticos volátiles	CG
Orgánicos volátiles	CG/espectrometría de masas (EM)
Orgánicos semivolátiles	CG/EM
Fenoles	espectrofotometría y colorimetría

Fuente: Información De Epa, Sw-846-1992.

4.2.2.2 Estándares de limpieza

Los objetivos de las acciones en el saneamiento de AS contaminadas normalmente se consideran a través de estándares numéricos de limpieza, los cuales se deben aplicar cuando los esfuerzos de saneamiento estén "terminados". Las autoridades regulatorias en la materia deben negociar estos estándares con el "consentimiento" de la población. Estos estándares de limpieza pueden estar basados en muchos otros criterios, incluyendo calidad de agua natural o requisitos del nivel de concentración, niveles alternativos de concentración, máximos niveles y límites prácticos de concentración. (Ver Tabla 4.5).

Tabla 4.5 Factores a considerar para determinar estándares de limpieza para agua subterránea contaminada

Categoría	Factores a considerar
Unidad regulatoria de residuos	Características físicas y químicas del residuo; volumen de residuo; potencia del residuo para emigrar
Características hidrogeólogicas	Características hidrogeólogicas de los recursos del área circundante; Cantidad de agua; dirección del flujo del agua; concentraciones del agua de la superficie al agua subterránea; patrones de precipitación pluvial en la región; cantidad existente de agua en la superficie y en los mantos acuíferos en áreas aledañas
Uso del terreno	Localización de las fuentes subterráneas de agua potable; proximidad y distanciamiento de todos los usuarios de agua subterránea; los futuros usos del agua subterránea en el área.
Riesgos potenciales	Riesgos potenciales para la salud humana; Daños potenciales a la vida silvestre, cosechas, vegetación y estructuras física; persistencia y permanencia de los efectos potenciales adversos.

Fuente: Elaborado con base en el documento de Edward J Calabrese Hydrocarbon Contaminated Soil 1992.

4.2.2.3 Verificación de limpieza

Antes de que los estándares idóneos y la acción de saneamiento estén terminados, probablemente sea necesario un periodo de verificación de varios años para estar seguro de que los niveles de contaminación no excedan los estándares en fechas posteriores. En algunos casos, la precipitación pluvial continúa lavando los contaminantes trepados en la zona insaturada hacia el acuífero, y es necesario volver a aplicar un saneamiento después de un determinado periodo de tiempo.

4.2.2.4 Resolución de problemas de suelos contaminados por hidrocarburos

"Casi todos los sistemas de restauración de aguas subterráneas en sitios contaminados están basados en la extracción de agua subterránea por pozos, generalmente acompañados por un tratamiento del agua extraída antes de disponerla. En muchos casos los crecientes y estrictos estándares de limpieza que se apoyan en la salud pública son muy remotos de alcanzar y si se logran, se hacen con altísimos costos" (CALABRESE, 1992). Pues la restauración de suelos no puede ser la excepción ya que la guía más obvia de limpieza en materia ambiental son los requerimientos que regulan las cuestiones relacionadas con la protección de los recursos naturales y la salud publica.

Las razones a considerar para hacer una limpieza en el área contaminada son:

- Eliminar cualquier riesgo (proteger los recursos naturales y/o la salud publica)
- Satisfacer los requerimientos que lo regulen
- Limitar futuras repercusiones.

Estas razones para limpiar un lugar se aplican a suelos contaminados con hidrocarburos.

Cuando se piensa en suelos contaminados por hidrocarburos generalmente se asocia a la industria del petróleo.

- Refinerías
- Terminales de abastecimiento
- Estaciones de servicio
- Ductos

La primer meta en la restauración de sitios contaminados por combustibles es la protección de la salud pública, del ambiente y la prevención de accidentes como derrames y explosiones. Ésta se puede lograr si se tiene un plan de acción que sea: a) protector, b) asequible, c) de esfuerzos imparciales, y d) con reflexiones en las grandes necesidades públicas

Para poder establecer el sistema de control y manejo de riesgos, es necesario tomar en cuenta al proceso analítico en la evaluación de riesgos que se usa para integrar información acerca de la naturaleza y magnitud de la contaminación, datos de toxicidad de los contaminantes presentes, relación dosis-respuesta entre los fuertes niveles de exposición y los efectos tóxicos y los sitios específicos que puedan tener condiciones potenciales adversas a la salud y al ambiente.

La institución regulatoria debe tomar en cuenta las demandas públicas de absoluta protección o " de riesgo cero" contra los límites de los recursos públicos y privados. El proceso para escoger la solución adecuada o la opción de manejo del riesgo, en si no solo es considerar las cuestiones no cubiertas durante la fase de evaluación del riesgo, sino también integrar consideraciones, como factibilidad ingenieril, recursos financieros, necesidades de la comunidad y el beneficio real o potencial del propósito en la solución de riesgos.

4.2.2.4.1 Acciones tecnológicas correctivas

Limpiar fugas de tanques de almacenamiento subterráneo (TAS's) generalmente involucra el uso de diversas estrategias correctivas. Medidas de emergencia *a corto plazo* pueden involucrar acciones para controlar peligros agudos sobre la seguridad y la salud como en derrames potenciales. Algunos ejemplos de medidas de emergencia incluyen drenar y remover los tanques, después de que el inminente peligro haya sido controlado. *A largo plazo* las acciones correctivas involucran limpiar la gasolina que ha penetrado en el subsuelo. Los productos del petróleo en el subsuelo pueden encontrarse entre las partículas del suelo, flotar en el nivel freático, o disolverse en el agua subterráneas de la zona saturada.

Remover los hidrocarburos del petróleo de la zona insaturada puede involucrar diversas tecnologías de saneamiento. Estas tecnologías varían con respecto a los constituyentes por remover y de los métodos de remoción.

Un buen entendimiento de las condiciones en la zona insaturada es esencial cuando se selecciona una tecnología de tratamiento de suelo. "Una manera de adquirir este entendimiento es llegar al sitio de evaluación. (El término "sitio de evaluación" se refiere al análisis básico hidrológico,

geológico y químico) con datos obtenidos de la literatura de experiencias en sitios similares y tomar muestras del sitio de interés" (LYMAN, 1990).

Para asegurar si se tiene la información suficiente se debe tener especificados los siguientes puntos.

- El hidrocarburo que se derramó, la forma en que sucedió, el tiempo que tiene la fuga o derrame, el lugar exacto donde ocurrió.
- El sitio donde es más probable esté el producto contaminante en la zona insaturada.
- Las diferentes fases en las que el combustible se encuentra presente y la cantidad de éste.
- El proceso o la forma en la que los constituyentes del contaminante se mueven, a dónde están viajando y la proporción en la que los hacen.

4.3 TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO DEL SUELO Y EL AGUA SUBTERRÁNEA

4.3.1 Selección de la tecnología

Para escoger una efectiva tecnología de limpieza de suelos contaminados por gasolina, es necesario recaudar cierta información básica acerca del contaminante y del subsuelo involucrado. (LYMAN, 1990).

- Se requiere del conocimiento del tipo de productos derramados, (sus característica físicas y químicas, y sus mayores constituyentes). Las propiedades físicas y químicas del producto puede proveer conocimiento valioso de lo que puede está ocurriendo en el seno del subsuelo.
- Pueden ser apropiadas diferentes tecnologías de tratamientos de suelo, dependiendo de cómo y dónde el producto de petróleo está distribuido en la zona insaturada, como vapor, como líquido residual o disuelto en agua de poro.
- En el periodo inmediatamente después de la fuga (semanas o meses) la mayoría de los productos existirán como un líquido residual. Sin embargo, con el tiempo significantes fracciones se volatilizaran (al pasar a la fase gaseosa) y se disolverán en agua de poro existente o en agua de lluvia infiltrada. Para fugas viejas, la fase de líquido residual probablemente casi no exista nada o se halle transformado en un material gomoso. Es preciso saber la cantidad de combustible que se encuentra en estas fases.
- También es importante hacer una estimación de la movilidad del contaminante y saber hacía donde va éste en el sitio de evaluación. La movilidad no afecta solamente la extensión potencial de la fuga (ya que el contaminante se escapa del punto de la fuga), sino que también el potencial de efectividad de un proyecto de tratamiento en campo, depende de la movilización del contaminante a medida que se remueve.

Estos cuatro puntos proveen una base para el tipo de información que se debe recaudar.

Por simplicidad se asume que los productos de petróleo en la zona insaturada existen solo en tres fases como se muestra en la figura 4.2 a) como vapor contaminante en el espacio poroso (fase vapor); b) como líquido residual atrapado entre las partículas del suelo (fase liquida); c) como líquido residual disuelto en agua de poro que se encuentra alrededor de las partículas del suelo (fase disuelta). Para fugas recientes de combustible (menos de un año) la mayor parte del combustible derramado probablemente esté en la fase de líquido residual más que en las fases de vapor o en la fase disuelta. (LYMAN, 1990).

Diferentes tipos de combustibles y compuestos se comportan de manera distinta en el subsuelo, esto está en función del grado de evaporación y disolución dentro y fuera de varias fases (vapor, líquido puro, disuelto en agua) su transporte a través de la zona insaturada y su potencial de ser biodegradado de manera natural también varían. Las propiedades físicas y químicas del contaminante deben conocerse para hacer un juicio acerca de su movilidad y saber si el contaminante se expandirá rápidamente y alcanzará el nivel freático; también es importante saber si los compuestos que constituyen el combustible se vaporizarán y estarán presentes como una explosión peligrosa, y, además, saber si el contaminante tiene un alto o bajo potencial para ser biodegradado en la zona insaturada. Estos factores son una parte importante en el proceso de selección de la tecnología.

Conocer el volumen de hidrocarburo involucrado en la fuga puede ayudar a conocer, si el contaminante ha alcanzado la zona saturada y el nivel de contaminación en la zona insaturada.

El tiempo transcurrido después de la fuga es muy importante, ya que la composición y las propiedades del material derramado cambia a través del tiempo; los compuestos volátiles se evaporan, los solubles se disuelven en el agua que se filtra de la lluvia, y algunos compuestos se biodegradan.

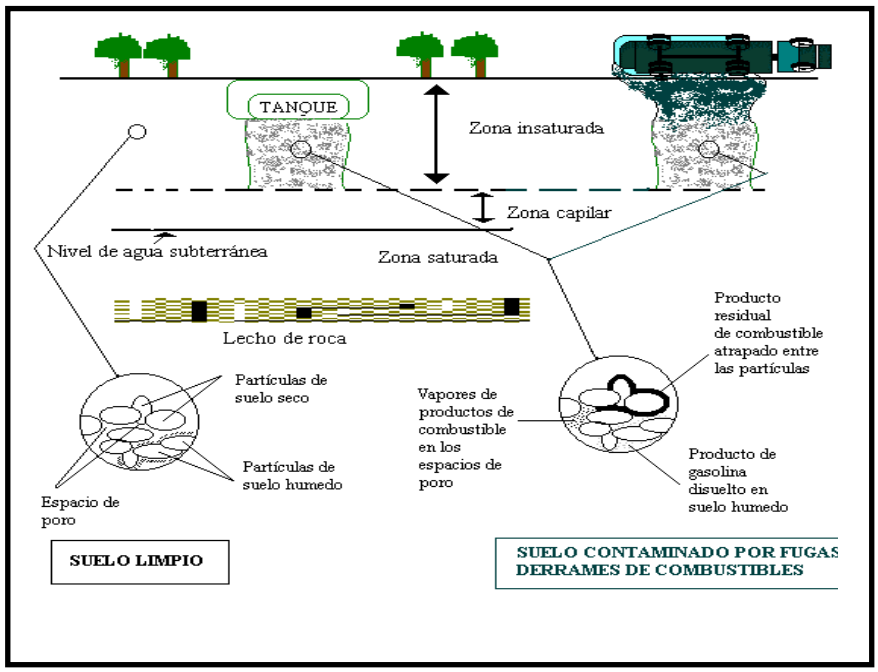


Figura 4.2 Representación de las tres fases diferentes en las cuales pueden ser encontrados los hidrocarburos en la zona insaturada

Fuente: Warren, J. Lyman, Cleanup Of Petroleum Contaminated Soil At Underground Storage Tanks, Part One., 1990. Polution Technology

4.3.1.1 Información de la fuga

La cantidad total y la proporción de la fuga afecta la probabilidad de encontrar el líquido residual en la zona insaturada. Los hidrocarburos persistirán como un gran cuerpo líquido cuando ocurran fugas prolongadas y no cuando sean pequeñas. La proporción de fuga pequeña se muestra más favorable para transferirse de la fase de líquida residual a otra fase. Un volumen menor de líquido residual es más probable que venga de un goteo lento que de un derrame de volumen similar.

Una infiltración considerable de agua de lluvia puede causar que la contaminación cambie de una fase a otra. Algunos hidrocarburos se disuelven en agua de lluvia, en consecuencia, el líquido residual disminuye, mientras que aumenta la cantidad de contaminante disuelto en agua de poro, aumentando la probabilidad de que éste llegue hasta el agua subterránea.

La temperatura del suelo también afecta la movilidad del contaminante. En consecuencia, la presión de vapor facilita que éste se mueva en los espacios del suelo y esto se incrementa cuando la temperatura se eleva.

4.3.2 Restauración de suelos

Las tecnologías que a continuación se describen han tenido éxito en la restauración de sitios contaminados. La experiencia de que se hayan usado estas tecnologías, puede ayudar a que la evaluación tenga una probabilidad más alta de saneamiento (exitoso) del sitio contaminando. Este hecho es un parámetro que influye en la probabilidad de éxito de un método en particular, es por ello que aquí se presentan.

4.3.2.1 Venteo del suelo

El venteo del suelo en términos generales se refiere a cualquier técnica que remueva vapores contaminantes de la zona insaturada. El venteo puede ser pasivo (sin el suministro de energía) o activo. El venteo pasivo se usa con frecuencia para remover gas metano en depósitos de basura controlados y consiste en perforar el área contaminada y enterrar tubos respiratorios que proporcionen una buena respiración hacía la atmósfera. Este venteo algunas veces contiene una turbina accionada por viento en el orificio de salida que provee una ligera succión.

El venteo activo usa un gradiente de presión inducida para remover los vapores a través del suelo, además de que es más efectivo que el venteo pasivo. La tecnología de extracción más común es la de succión mediante vacío, donde los pozos de extracción están colocados cerca del sitio donde ocurrió la fuga de hidrocarburos, y la succión es aplicada a los pozos. El gas del suelo se aspira a través del tubo hacía los pozos y consecuentemente se saca a la superficie. Lo que puede ayudar a incrementar la cantidad de remoción es que se aplique una presión positiva en algunos pozos ya que el suelo requiere un poco de aire circulante.

Los vapores saturados de contaminante que son removidos de la zona insaturada probablemente requerirán un tratamiento previo para que posteriormente se puedan descargar a la atmósfera, dependiendo de las restricciones locales de emisiones a la atmósfera. En la Ciudad de México no se tienen las mismas restricciones que en el estado de Tabasco por citar un ejemplo.

4.3.2.1.1 Algunos factores

Costo. En general, el venteo de suelo es una técnica relativamente costosa si se le compara con otras alternativas, especialmente cuando grandes cantidades de suelo deben ser tratadas. El costo monetario del venteo de suelos consiste básicamente en la instalación de los pozos de monitoreo y extracción, sopladores centrífugos, tubería, válvulas, accesorios de conexión e instrumentación eléctrica. El costo de operación consiste en: mano de obra, energía, mantenimiento de equipo y monitoreo.

Un estudio de EPA (1994) reportó que el costo de venteo de suelo en un lugar de la Florida fue de 106,000 dólares en equipo instalado y de 68,000 dólares en mantenimiento y operación.

El programa de venteo de suelos es relativamente fácil de instalar y regularmente se arranca en dos o cuatro semanas. Este programa de venteo suele operar entre un periodo de seis a doce meses. (cfr. LYMAN, 1990).

4.3.2.2 Biorrestauración

La biorrestauración de la zona saturada es un proceso donde nutríentes y oxígeno se agregan al suelo contaminado para promover la descomposición natural de los contaminantes por microorganismos (generalmente bacterias) que se encuentran en el suelo.

Las bacterias con capacidad de degradar hidrocarburos son comúnmente encontradas en el nivel freático (subsuelo). La descomposición natural de los hidrocarburos es probable que ocurra desde el momento en que están entrando al subsuelo, pero si no se les agrega oxígeno y nutríentes la biodegradación ocurre muy lentamente.

Suele ser común aplicar la biorrestauración como una alternativa costo - efectividad, en lugar de aplicar otros tratamientos, y además tiene la ventaja de transformar contaminantes orgánicos tóxicos en otros productos menos tóxicos y en otros productos más, que no son los iniciales en diferente fase (vapor o líquido).

Para tener un programa de restauración exitoso es conveniente abastecer de oxígeno y nutríentes a las bacterias; lo cual sin duda les proporciona una gran ventaja a lo largo de toda la zona contaminada. Esto generalmente se complementa con nutríentes que enriquecen el agua de la zona insaturada, a través de infiltración hacía el subsuelo o a través de pozos de recarga. El agua se usa como transporte de nutríentes, y también puede utilizarse para disolver los contaminantes que se hayan absorbido en el suelo y transportarlos finalmente al nivel freático.

"La biorrestauración ocurre más rápido cuando el oxígeno es el receptor de electrones. Estos estudios también han demostrado que la biodegradación de los BTEX durante una migración no controlada, limita la actividad del oxígeno (BARKER, 1987). Cuando suficiente oxígeno y nutríentes están en actividad, la biodegradación se controla por el crecimiento de los microorganismos a medida que la degradación ocurre (ALLEN, 1991). Sin embargo, cuando un exceso de oxígeno se ha suministrado bajo condiciones naturales, la acción del nitrógeno limita el nivel de biodegradación de los BTEX. Este nivel de limitación ha sido superado cuando el nitrógeno se ha sustituido por nitrato (ALLEN, 1991). El nitrógeno limita la degradación aeróbica de compuestos aromáticos que han sido observados en muestras de agua subterránea por AELION y BRADLEY (1991) y ARMSTRONG et al., (1991). Cuando las condiciones desnitrificadas son inducidas en la parte superior del acuífero por la

adición de nitrato, el benceno es reincidente, y el tolueno, etilbenceno y xilenos se muestran incompletamente degradados.

4.3.2.2.1 Consideraciones teóricas

La adición cuidadosa de los nutríentes, como el oxígeno, nitrógeno y fósforo, puede mejorar las condiciones biológicas de descomposición de los hidrocarburos y no obtener productos tóxicos al final de ésta. Es difícil predecir cuánto y qué es lo que se debe agregar, puesto que hay diversos factores que influyen en el proceso de la biodegradación. Para incrementar la probabilidad de éxito en un programa de biorrestauración, se sugiere hacer un estudio piloto con muestras recolectadas del sitio contaminado. Estas pruebas pueden ayudar a determinar los nutríentes y aditivos que se deben agregar y además en qué cantidad se debe de hacer. (EPA, 1985).

Los factores que afectan una biorrestauración efectiva y con un alto potencial de éxito para un sitio en particular podrían dividirse en tres amplias clases: 1) La susceptibilidad de los contaminantes a la biodegradación; 2) las variaciones ambientales en el sitio; 3) la hidrogeología del sitio.

Hay diversos factores ambientales en un sitio específico que afectan la posibilidad de que la biorrestauración sea un tratamiento alternativo. (EPA, 1985).

Estos factores incluyen, entre otros.

- Concentración disponible de oxígeno
- Niveles apropiados de macronutrientes y micronutrientes.
- El pH del suelo
- El grado de saturación de agua
- Temperatura del suelo
- Concentración de contaminantes
- Conductividad hidráulica del suelo

4.3.2.2.2 Algunos factores

Costo: El costo de biorrestauración para la zona insaturada varía mucho y es difícil cuantificarlo y compararlo, aunque la mayoría de los costos reportados se refieren a la limpieza de agua subterránea más que a la de la zona insaturada. Una estimación (OLSEN et al., 1986) dieron un costo de 78 a 160 dólares por metro cúbico. Pero si el volumen por restaurar es muy grande, esto reduce los costos de restauración, ya que el decremento en el costo es provocado por la economía de escala.

4.3.2.2.3 Escala temporal

Un programa de biorrestauración puede instalarse en relativamente poco tiempo, pero, a causa del lento ajuste de los microorganismos al medio para comenzar a degradar en proporción considerable, se puede llevar varias semanas o varios meses para efectuarlo. Si es que la fuga es

reciente o, si la bacteria que se está usando no es producto del mismo suelo, por lo tanto el sistema probablemente necesite ser ajustado (es decir, variar los niveles de oxígeno e incrementar la cantidad de nutríentes) para operar con mayor eficiencia. El inicio de la biorrestauración quizás se retarde por la perforación de los pozos de extracción e inyección, y por el diseño y la puesta en obra de la construcción del equipo de oxigenación

Es difícil estimar el periodo de tiempo que se pueda llevar la limpieza de un sitio, apoyándose en muestras (que no son muy precisas) que determinen el grado de remoción de contaminantes una vez comenzado el programa de restauración.

4.3.3 Lavado del suelo

El lavado del suelo abarca un proceso in situ donde la zona contaminada es inundada con agua o con una mezcla agua-surfactante para disolver los contaminantes en el agua, o de otra manera movilizar el contaminante residual hacia el nivel freático. Los contaminantes después se atraen hacia la superficie por pozos de extracción colocados estratégicamente para su tratamiento. Los pozos deben estar localizados hasta el nivel del agua subterránea para que esté controlada hidráulicamente, y así estar seguros que los contaminantes móviles no escapen una vez que éstos alcancen el agua subterránea.

Un método de lavado de suelo es el que remueve los contaminantes con el uso de agua para disolver los contaminantes líquidos y contaminantes en vapor. Este proceso está controlado por la solubilidad de los contaminantes y las constantes de la ley de Henry. Contaminantes como fenol, metanol y otros con las mismas características, son fácilmente eliminados debido a su alta solubilidad en el agua. Pero otros compuestos como los aditivos de la gasolina (tetra-etil-plomo) o varios de los constituyentes más abundantes en el aceite # 6, son demasiado insolubles y no se podrán disolver bien después de varios lavados.

Hay un segundo método de lavado de suelo, el cual remueven los contaminantes que están presentes como productos libres en los poros del suelo, y que son adsorbidos por el suelo. Los contaminantes que se encuentran en estas fases se pueden remover por un gradiente de presión provocado por el agua que se filtra como consecuencia de la inundación superficial. La viscosidad y la densidad de los contaminantes controlan el nivel en el cual el compuesto puede ser eliminado como producto libre. De este tipo de lavado de suelo se puede esperar una remoción extraordinaria de gasolina más que de los componentes del aceite # 6 y que el aceite del calentamiento, ya que la gasolina es menos viscosa que los dos productos de petróleo mencionados anteriormente y, además, la mayoría de los componentes de la gasolina son más solubles que el aceite # 6 y el aceite de calentamiento. (LYMAN, 1993).

Como ya se había mencionado, los surfactantes son agregados frecuentemente en el agua que se va a usar para el lavado y que ayuda a remover los contaminantes que se encuentran en el subsuelo.

Los surfactantes pueden incrementar la "detergencia" en una solución acuosa en tres formas. (EPA, 1986).

- Mojado: El surfactante puede disminuir la tensión interfacial entre la fase liquida y sólida (suelo), permitiendo que el agua preferentemente humedezca o moje el suelo (como resultado se dan unas condiciones de humedad saturada), lo cual desplaza parcial o totalmente a los contaminantes.

- Solubilización: Los surfactantes aumentan (depende de la estructura del compuesto) la solubilidad de ciertos contaminantes.

- Emulsificación: Los surfactantes pueden aumentar el grado de emulsificación (es la dispersión de una fase inorgánica insoluble en medio acuoso) de un contaminante.

Además, los compuestos orgánicos que han sido removidos por surfactantes son más accesibles a la biodegradación.

4.3.4 Saneamiento de agua subterránea

Durante la última década, el saneamiento de agua subterránea ha sido el centro de atención de ingenieros, científicos, y patrocinadores que trabajan en el área del ambiente. Por eso, muchas tecnologías han sido desarrolladas y utilizadas para facilitar la limpieza de AS contaminada.

Existen varios métodos para la remoción de gasolinas disueltas en aguas subterráneas; éstos incluyen: inyección de aire y extracción de vapor, bombeo y tratamiento de las aguas subterráneas, absorción por carbón activado, ósmosis inversa, ozonización, oxidación con peróxido de hidrógeno, irradiación ultravioleta y tratamiento de suelos. Todos estos métodos son capaces (bajo ciertas condiciones adecuadas) de remover, destruir o desintoxicar todo o casi todos los LNAPL's derramados en el suelo. (WOOD, 1993).

La inyección de aire en combinación con la extracción de vapor son las técnicas más utilizadas por su atractiva relación costo beneficio y su amplia aplicación.

Otro método comúnmente utilizado es el de bombeo y tratamiento, que consiste en extraer el agua contaminada y llevarla a un sistema de depuración.

Las tecnologías de tratamiento de AS que han proveído exitosas aplicaciones son:

Tabla 4.6 Tecnologías de extracción y tratamiento de agua subterránea

Descripción del proceso	El AS contaminada se extrae por medio de un sistema de pozos de bombeo y es tratada en una columna con flujo de aire, en una unidad con carbón de adsorción o otra unidad de tratamiento apropiada. El agua restaurada es descargada a un río, a cualquier corriente o se desecha a la alcantarilla sanitaria. Esta es la tecnología de restauración es la más usada comúnmente.
Aplicaciones	Esta tecnología es más apropiada para compuestos solubles en agua. Y generalmente no es conveniente aplicarla sobre contaminantes en fase libre en acuíferos permeables.
Ventajas	La tecnología es simple de operar y mantener; además ha tenido exitosas aplicaciones en numerosos campos a través de los años.
Desventajas	Éstas son por un lado, que la restauración que sólo utiliza este método es muy difícil de ejecutar completamente, dado que los residuos de los contaminantes se concentran después de que altas cantidades de agua se restauran. Y, por el otro, el volumen de agua que se debe bombear para ejecutar una limpieza aceptable puede ser excesivo, y los pozo pueden secarse o quedar pobres antes de que la restauración se consume. (WOOD, 1993).

Tabla 4.7 Tecnologías utilizando barreras biológicas para tratamiento de agua subterránea

Descripción del proceso	Los microorganismos atacan la superficie o la interfase líquido-líquido y forman una película biológica, la cual permite la remoción y descomposición de los contaminantes. El proceso se usa para AS en la zona de saturación y para acuíferos, (BELLAMY Y DE LINT, 1991)
Aplicaciones	Los contaminantes que se pueden tratar cuando se usa esta tecnología incluyen a los compuestos orgánicos e hidrocarburos monoaromáticos, benceno, tolueno, etil-benceno y xilenos (BETX).
Ventajas	El saneamiento puede llevarse a cabo in situ.
Desventajas	El deterioro biológico puede ocurrir en algunas situaciones si el pH, temperatura, oxígeno y/o la actividad del aceptor de electrones no se puede controlar adecuadamente." (WOOD, 1993)

Tabla 4.8 Tecnologías de ventilación para tratamiento de agua subterránea

"Descripción del proceso	El aire se inyecta por encima o por debajo del nivel freático con el propósito de volatilizar los contaminantes orgánicos. El aire se inyecta a través de pozos-sanjas horizontales en la zona contaminada, (ADOMAIT Y WHIFFIN, 1991).
Aplicaciones	Esta tecnología es favorable cuando se encuentran compuestos volátiles.
Ventajas	Esta proceso no es costoso y no tiene posibilidad de formar subproductos.
Desventajas	La cantidad de material eliminado decrece substancialmente conforme los niveles de concentración de contaminantes decrecen." (WOOD, 1993)

El descubrimiento, en la década de los 80's, de la gran contaminación de agua subterránea, la cual era producto de fugas y derrames de tanques de almacenamiento subterráneo de sustancia peligrosas (entre ellas la gasolina) provocó que la evaluación y el saneamiento del agua subterránea se convirtiese en el foco de atención de diversos centros de investigación, principalmente en países desarrollados. En la actualidad, se han publicado muchos documentos y otros tantos libros que sugieren técnicas y sistemas de restauración de suelos y agua subterránea; pero un problema que existe en nuestro país es la falta de normatividad que especifique la intensidad de restauración de suelo y agua subterránea, así como los niveles de limpieza que éstos deben tener.

CAPÍTULO V

PROPUESTAS PARA LA DISMINUCIÓN DE RIESGOS

El despertar del interés de la sociedad por la conservación del ambiente ha traído repercusiones directas (positivas) a la industria que maneja hidrocarburos. La presión para controlar los derrames y las fugas de gasolina ha traído como consecuencia el incremento de dispositivos de seguridad, ya sea para prevenir fugas y derrames o para detectar cualquier indicio en el momento en que estos accidentes estén ocurriendo. Un factor muy importante, que de algún modo puede colaborar en la prevención de accidentes en las estaciones de servicio, es la elaboración de planes de contingencia y análisis de riesgos, los cuales son de vital importancia, ya que inducen a las empresas a tomar medidas de seguridad de carácter civil. Un plan de estas características se encuentra descrito en el anexo uno.

El diseño de nuevos tanques, con protección para evitar su deterioro rápidamente y aminorar la contaminación al ambiente, es en la actualidad una de las opciones más recomendables, ya que por un lado, se les pueden instalar diversos tipos de sensores para su control, monitoreo e inspección periódica, y por el otro, presentan un riesgo mínimo para el ambiente durante su periodo de vida útil.

5.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE CONTENEDOR

Generalmente el primer paso para seleccionar el tipo de contenedor se hace de acuerdo al servicio que se requiere. Los factores primarios que influyen en la elección son: la función y localización del tanque, la naturaleza del fluido, la presión y la temperatura con la que se va a operar, y la capacidad necesaria para almacenar los volúmenes deseados. Los tanques pueden clasificarse según el servicio funcional, material de construcción, o forma (geométrica) del tanque.

Los tipos más comunes de contenedores se clasifican de acuerdo a su geometría como:

1.- Tanques abiertos.

2.- Tanques cilíndricos verticales de fondo plano.

3.- Contenedores verticales y horizontales con terminaciones curvadas.

4.- Contenedores cilíndricos.

Los combustibles líquidos y fluidos de emisión tóxica deben ser almacenados en tanques cerrados. Los combustibles provenientes del petróleo y sus productos requieren necesariamente el uso de este tipo de contenedores. El uso inevitable de tanques de almacenamiento en este campo, ha propiciado que éstos se estandaricen en su diseño estructural, en sus medidas de seguridad y en sus costos. La estandarización la han llevado a cabo instituciones prestigiadas como: API, ASTM, UL, EPI. etc., a través de este capítulo se citarán diversos títulos publicados por estas instituciones.

5.1.1 Fabricación de Tanques de Almacenamiento para Combustibles

Las características de los tanques de almacenamiento, de líquidos inflamables, deben ser del tipo cilíndrico horizontal atmosféricos, por lo que deben tener una abertura de ventilación a la atmósfera.

Los materiales de fabricación para este tipo de tanques, que además deben ser de doble pared (tanque enchaquetado), pueden ser:

Contenedor Primario / Contenedor secundario

1.- Tanque de acero al carbón / Fibra de vidrio

2.- Tanque de acero al carbón / Polietileno de alta densidad

3.- Tanque de fibra de vidrio / Fibra de vidrio

La fabricación de estos tanques deben estar dentro de las especificaciones de los códigos internacionales (aplicables), como lo son los *de American Petroleum Institute (API), American Society for Testing and Materials (ASTM), Underwriters Laboratories Inc. (UL)), etc.*.

Cuando el tanque de almacenamiento sea de acero al carbón en el contenedor primario debe de cumplir con los estándares de calidad establecidos por ASTM o superior, de acuerdo a lo establecido por *Underwriters Laboratories -58*, el espesor mínimo de la placa debe ser de acuerdo a lo indicado en la Tabla 5.1

Dimensiones y capacidad

Las dimensiones del tanque deben estar determinadas por la capacidad del mismo, de acuerdo a la siguiente tabla

Tabla 5.1 Dimensiones del Contenedor Primario

Capacidad nominal (Litros)	Diámetro Interior Máximo (milímetros)	Espesor (milímetros)
40,000	3,200	6.35
50,000	3,660	7.94
60,000	3,660	7.94
80,000	3,660	9.52
100,000	3,660	9.52
La longitud del contenedor primario no debe ser mayor a seis diámetros		

Fuente: Especificaciones Generales Para Proyecto Y Construcción De Estaciones De Servicio, Pemex, 1994.

La nueva tecnología en la fabricación de tanques de almacenamiento subterráneo para evitar la contaminación del subsuelo y agua subterránea, así como la necesidad de evitar las emisiones de vapores de gasolina hacia la atmósfera, hacen ineludible la instalación de nuevos accesorios en los tanques que faciliten el cumplimiento de, lo señalado.

En términos generales los accesorios que se deben instalar en los tanques son los siguientes:

1.- Accesorios para monitoreo en espacio anular de los tanques. (Ver sección 5.5)

2.- Dispositivos para evitar el sobrellenado. (Ver sección 5.3)

3.- Dispositivos para la recuperación de vapores en autotanques (ETAPA I). (Ver sección 5.7)

4.- Dispositivos para sistemas de control de inventarios (Ver sección 5.5)

5.- Dispositivos para purga de tanques. (ver figura 5.1)

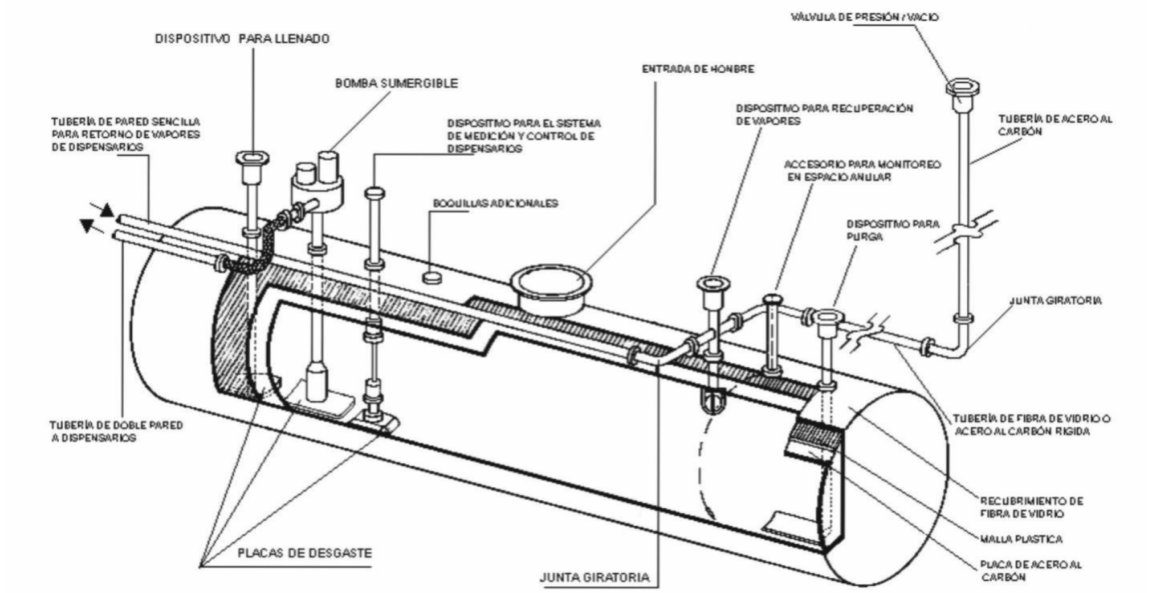
Dispositivo de purga

Todos los tanques sin excepción deben llevar un dispositivo de purga con las siguientes características:

Debe colocarse en los extremos superiores del tanque hacia donde marque la pendiente, la cual será de 1%.

Estará constituida por una boquilla con diámetro de dos pulgadas (2”), donde se conectará un tubo del mismo diámetro que debe partir del nivel de piso terminado hasta tres pulgadas (3”) antes del fondo del tanque. Este tubo servirá de guía para introducir en él una manguera, que se conectará a una bomba que succionará el agua que se llegue a almacenar por condensación.

El extremo superior del tubo guía tendrá una tapa de cierre hermético, con la finalidad de evitar la emisión de vapores de la gasolina. Ver figura 5.1



Fuente: Especificaciones generales para proyecto y construcción de estaciones de servicio, PEMEX, 1994

Figura 5.1 Isométrico de Tanque de Almacenamiento para Líquidos Inflamables y Accesorios

5.2 INSTALACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO (TASs)

Los tanques deben diseñarse y construirse apropiadamente, y cualquier superficie que esté en contacto con el suelo debe protegerse contra la corrosión, al igual que la tubería, además los tanque deben estar aprobados por *Underwriters Laboratories* (UL). Los equipos de prevención de derrames y de sobrellenado asociado con la transferencia de producto hacia los TASs (que incluyen el uso de recipientes contenedores para mangueras, válvulas de corte rápido "*shuttoffs*," válvulas de restricción de flujo, alarmas y otros equipos) deben estar diseñados para evitar fugas de éstos hacia el ambiente durante la transferencia de combustible. (Ver figura 5.2) (WOOD, 1993).

Antes de la instalación de los tanques se debe determinar la acción corrosiva del sitio, la composición del suelo y las condiciones del agua subterránea. La protección de los tanques contra la acción corrosiva del suelo depende en gran medida de la naturaleza de éste, ya que la mayor parte del equipo estará en contacto con el suelo.

La excavación para el tanque debe ser suficientemente grande, para permitir un recubrimiento apropiado en todos los lados del tanque con un mínimo de 10 cm de material inerte (no corrosivo) como arena limpia o grava. El uso de estos materiales ayudará a retardar la acción corrosiva del suelo; además, le dará firmeza al nivel del suelo donde está instalado el tanque. (Ver figura 5.2) Cuando el tanque ha sido instalado en la excavación y la tubería ha sido conectada al tanque, se debe proceder a hacer una prueba para detectar fugas o fisuras en las conexiones de la tubería. (WOOD, 1993).

Algunas condiciones inesperadas pueden ocurrir aunque se haya planeado un buen sistema de almacenamiento, por lo que probablemente se requiera una revisión durante la instalación. Por ejemplo: si las pruebas de suelo no han sido eficaces, el grupo que se encarga de la instalación probablemente se encuentre con un inesperado alto nivel del manto freático, lo cual conduce a tomar medidas extras no previstas que se reflejan automáticamente en el costo de la instalación.

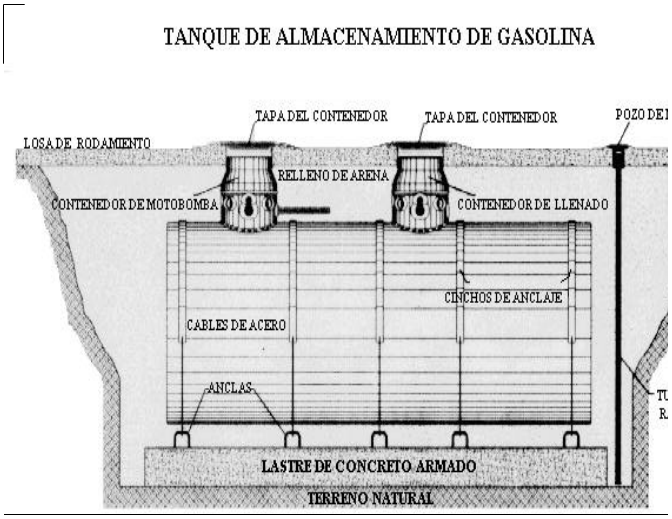


Figura 5.2
Diagrama modificado de varios catálogos de compañías constructoras

Los tanques deben estar localizados de tal manera que el camión de suministro no obstruya la zona de dispensarios, la visión del automovilista a la ES, ni la o las vías de tránsito.

Tener cuidado en el manejo de los tanques es un punto que, aunque no lo parezca, tiene importancia, ya que los revestimientos protectores de tanques de acero y de plástico reforzado con fibra de vidrio están diseñados para resistir una manipulación normal y pueden dañarse durante el transporte o la instalación. Los tanques no se deben dejar caer, arrastrar o manipular con objetos puntiagudos; excepto cuando se requiera el mínimo para inspección y pruebas, asimismo el tanque no se debe rodar.

La forma apropiada para mover los tanques es levantarlos usando agarraderas (orejas), que se deben instalar por el fabricante especialmente para levantar el tanque. No está por demás señalar que el tanque se debe bajar y levantar con mucho cuidado, con cables que sirvan de guía en el momento en que la grúa esté haciendo maniobras de instalación. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994).

Inspección en la pre-instalación. Los tanques, equipo y tubería deben ser físicamente inspeccionados antes de la instalación. Si se detecta cualquier daño que pudiera resultar a corto o largo plazo en fractura del tanque o en corrosión prematura, debe ser reportado al dueño o a la compañía para que se proceda a reparar de acuerdo con las especificaciones del fabricante. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994).

5.3 PREVENCIÓN DEL SOBRELLENADO DE LOS TANQUES Y DE LOS CONTENEDORES DE DERRAMES

El propósito de los contenedores de derrames es prevenir fugas accidentales hacia el suelo que provengan de los TAS o de sus instalaciones. Los derrames probablemente provienen: del sobrellenado de los TAS, de los dispensarios o de la operación de la estación de servicio. El producto de un derrame en el suelo no puede distinguirse de una fuga del tanque o de las instalaciones de la tubería, por lo cual el sistema de prevención y contención de derrames es fundamental, ya que, sin éste, las alarmas instaladas en el sistema subterráneo se activarían y los operadores no podrían saber si esto ocurre por fuga o por derrame.

Dispositivos en restricción de venteo. Las válvulas *check* de bola restringen la salida de gases en el sistema de venteo (en las líneas de recuperación de vapores) cuando el tanque está casi lleno. La presión resultante reduce el grado de flujo al tanque y señala que el tanque está cerca de su máxima capacidad. Este señalamiento no se debe usar si el abastecimiento se bombea al tanque, ya que puede ocurrir una sobrepresurización del tanque. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994)

Válvulas de alto nivel. Éstas restringen o detienen el fluido al 90- 95% de la capacidad del tanque y se pueden localizar en la tubería de llenado, dentro o fuera del tanque; pueden operar mecánicamente o eléctricamente: por acción de presión, dispositivos sensibles o flotadores. Los dispositivos que restringen el abastecimiento del tanque deben contar con una medida de seguridad para drenar el producto remanente en la manguera dentro del tanque. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994)

Alarmas de alto nivel que pueden ser sonoras o visuales. Éstas pueden actuar cuando el tanque está cerca del 90-95% de su capacidad y pueden incorporarse en el medidor electrónico o en el sistema detector de vapor/líquido. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994).

El *tanque colector* puede formar parte del sistema de contención secundaria ya que recibe las fugas de los componentes conectados al tanque, pero por otra parte se debe de prevenir la

entrada de agua subterránea dentro de las excavaciones de éste sistema. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994).

En la operación de los dispensarios también pueden ocurrir derrames durante las operaciones de suministro a los vehículos o durante el servicio al equipo de los dispensarios (p.e., cuando se reemplazan los filtros). Contenedores, recipientes u otros dispositivos pueden ser instalados debajo de los dispensarios para capturar las fugas y desviarlas al tanque colector (espacio por debajo del nivel de los contenedores), de manera que se puedan acumular, detectar y eliminar. Los dispositivos se presentan en una variedad de configuraciones y pueden ser parte del sistema de contención secundaria. PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU(/RP100, 1994).

Los contenedores pueden captar altas concentraciones de combustible que representan un riesgo para la salud o para la seguridad; para prevenir un accidente, se recomienda manejarlos de acuerdo con los parámetros y especificaciones del fabricante. Una sugerencia para recomendar el uso de dispositivos de restricción de venteo es que probablemente el tanque no esté diseñado para permitir una sobrepresurización y esto pueda causar fugas del combustible. Los dispositivos de venteo y de válvulas de alto nivel no se deben usar si el abastecimiento del TAS se bombea. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994).

Los estándares internacionales para una adecuada instalación de tanques de almacenamiento subterráneo y tuberías incluyen diversas publicaciones, por ejemplo:

API RP 1625 (1987). Sistemas de instalación de tanque subterráneos de almacenamiento de productos de petróleo. 4ª edición.

ASTM D 4021-86. Especificaciones estándares para TAS de poliéster reforzados con fibra de vidrio para productos de petróleo.

UL Estándar 1316. Estándares para TAS de plástico reforzado con fibra de vidrio para productos de petróleo.

Además de los nuevos estándares desarrollados para los TASs modernos, hay requerimientos para los tanques existentes. Éstos incluyen monitoreo mensual de fugas usando un método para detección de fugas aprobado y monitoreo de tubería en un contenedor específico.

5.4 CONTENCIÓN SECUNDARIA

El propósito del sistema de contención secundaria está diseñado para facilitar tres funciones.

1.- Contener cualquier fuga proveniente de los tanques o de la tubería.

2.- Facilitar la detección de cualquier fuga a través del monitoreo.

3.- Facilitar el acceso para recuperar el producto fugado.

Hay cinco zonas que tienen la función de contener los combustibles, las cuales pueden contribuir para las fugas de los líquidos almacenados: tanques, la red de tubería, dispensarios, líneas de abastecimiento de los tanques y bombas sumergibles. Los métodos de contención secundaria

incluyen el uso de tanques de doble pared, tuberías de doble pared revestimientos geotextiles impermeables para las excavaciones en donde se van a colocar los tanques y tubería.

5.4.1 El contenedor sedundario

Este sistema se diseñó para establecer una barrera entre el tanque y el suelo, por un lado, y el material que se usa como recubrimiento sobre el tanque una vez que éste se entierra, por el otro; además, es capaz de contener grandes cantidades de combustible que se fugue, lo que ayudará a detectar la fuga. El contenedor secundario debe tener la capacidad suficiente para contener la capacidad total del tanque, lo que previene la precipitación del combustible hacia el agua subterránea. Un ejemplo de este sistema de contenedor secundario se muestra en la figura 5.2.1. (WOOD, 1993).

Los revestimientos de membranas sintéticas impermeables (geotextiles) se usan para cubrir las zanjas y excavaciones donde los tanques y tubería se van a instalar. Estás membranas facilitan la detección y recuperación de la(s) fuga(s). Además, el revestimiento fija el suelo e impide la migración de la arcilla o material de relleno que se usa para recubrir los tanques. (API/RP100, 1994).

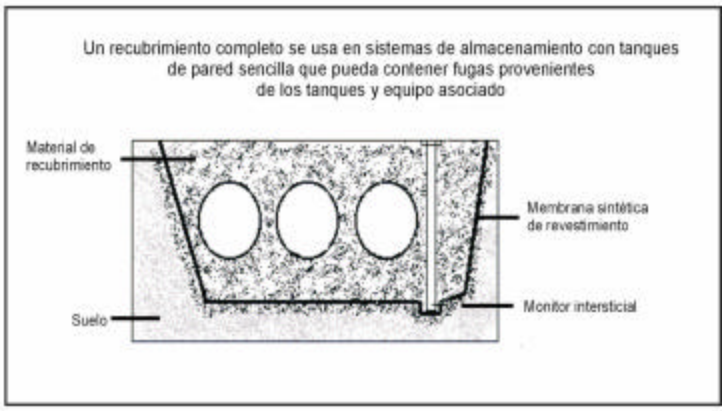


Figura 5.2.1 Contenedor secundario con monitor de fugas para hidrocarburos

5.4.2 Tanques de doble pared

Para aumentar la protección de los tanques de doble pared y evitar la influencia nociva del ambiente, el segundo tanque debe estar hecho del mismo material que el del primero; cuando se usa revestimiento protector para los tanques, el material debe ser compatible con el combustible almacenado, por lo cual debe ser lo suficientemente espeso e impermeable frente a una fuga directa, en el punto de monitoreo, y permitir la detección de ésta. El grado al cual la fuga puede pasar a través del revestimiento debe ser de 10^{-6} centímetros por segundo (cm/s) o menor. (WOOD, 1993).

Aumentar la protección al ambiente propone EPA en un manual titulado *"Detección de Fracturas en los TAS: Exitosos métodos paso por paso",* EPA /530/UST-89/012, que provee información en conceptos de diseño que maximizan la protección de los TASs contra la influencia

del ambiente. Proporciona información acerca de adecuados tipos de segundos contenedores para tanques de almacenamiento subterráneo, monitoreo entre el tanque y el contenedor secundario (intersticial). También se agregan métodos de detección de fugas. (WOOD, 1993).

5.5 DETECCIÓN DE FUGAS

Objetivo. Los métodos de detección de fugas incluyen monitoreo electrónico continuo o periódico (mensualmente), muestreo e inspección manual. Monitoreo interno que se lleva a cabo dentro del tanque, tubería, revestimientos o intersticios. El monitoreo externo tiene lugar en el suelo o agua subterránea que se encuentra en el perímetro de los tanques y todas las instalaciones aledañas.

Los métodos de detección incluyen:

- Medidor automático en el tanque.(Automatic tank gauging).
- Monitoreo intersticial para líquido o vapor.
- Detectores de fisura en las líneas.
- Monitoreo de agua subterránea.
- Monitoreo de vapor.
- Inventario manual en combinación con pruebas de hermeticidad e impermeabilidad.
- Contenedor de fugas en dispensarios.

Métodos de monitoreo interno. Éste incluye dispositivos de medición electrónicos; algunos de éstos son capaces de detectar líquidos perdidos o fugados en presencia de agua. Otros métodos incluyen monitoreo de: presiones (de aire o líquidos), de vapores y líquidos en intersticios del sistema de contenedor secundario. La tubería que está presurizada debe estar continuamente monitoreada a prueba de fisuras. (API/RP100, 1994).

Métodos de monitoreo externo. Éstos incluyen el monitoreo para detectar líquidos flotantes en el agua subterránea o vapores en el suelo. El monitoreo puede tener lugar dentro de las excavaciones donde el tanque está instalado usando pozos de observación, o fuera de las excavaciones empleando pozos de monitoreo, y tal vez se pueda utilizar un sistema electrónico constante o usar procedimientos periódicos. (API/RP100, 1994).

Sistemas de muestreo. Éstos son de tres tipos: manuales, mecánicos y electrónicos. Hay una gran variedad de modernos y sofisticados sistemas de muestreo y monitoreo electrónicos y mecánicos, que deben ser estrictamente instalados de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Para tener la seguridad de que está bien instalado, el sistema se debe probar y calibrar al mismo tiempo de la instalación. (API/RP100, 1994).

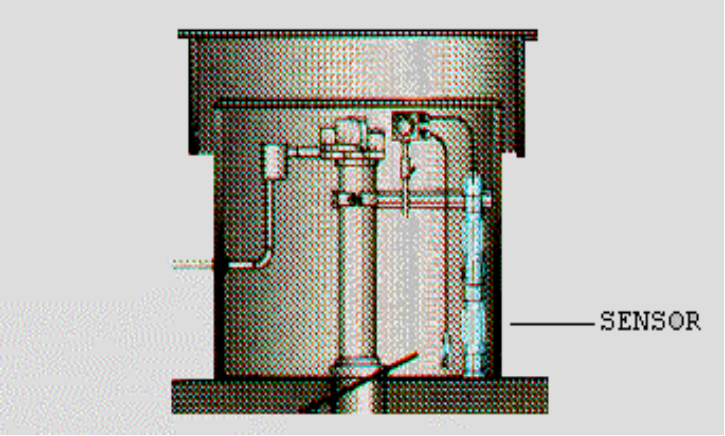
Monitoreo de presión en las líneas (tubería). En la instalación típica, en la cual se usan bombas sumergibles, una ligera presión se mantiene en las líneas conectadas a los tanques y dispensarios, aunque el sistema no esté en uso. El sistema de monitoreo a sido desarrollado para detectar pérdidas de presión en las líneas (otras diferentes a las de bombeo de rutina) en tal instalación.

Una pérdida de presión incita al sistema a disminuir el grado de despacho a través de los dispensarios, interrumpe la energía eléctrica a las bombas, o activa una alarma o una luz de seguridad. (API/RP100, 1994).

Sensor en las instalaciones de las bombas

Este sensor detecta bajos y altos niveles de líquidos y distingue entre agua y combustible. La detección de líquido en las bombas se logrará por medio de una alarma que se accionará en el tablero de control.

Figura 5.2.2 Sensor electrónico en las instalaciones de las bombas



Sensor en contenedores de derrames en dispensarios

Este sensor detecta bajos y altos niveles de líquidos y distingue entre agua y combustible. La detección de líquido en los contenedores de dispensarios se logrará por medio de una alarma que se accionará en el tablero de control.

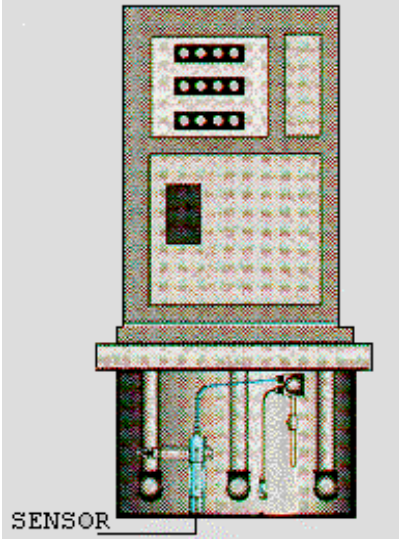


Figura 5.2.3 Sensor electrónico en los contenedores de derrames en dispensarios

Monitoreo intersticial

Un sistema de monitoreo intersticial (o sistema de control) debe diseñarse para detectar cualquier fuga del TAS bajo condiciones normales de operación. La operación de este sistema se basa en diversos mecanismos tales como: conductividad eléctrica, sensor de presión, sensor de fluidos y control de vapor. Estos mecanismos se pueden aplicar en todos los casos, excepto el sensor de presión y monitoreo hidrostático, que son aplicables solo a instalaciones de doble pared. (WOOD, 1993).

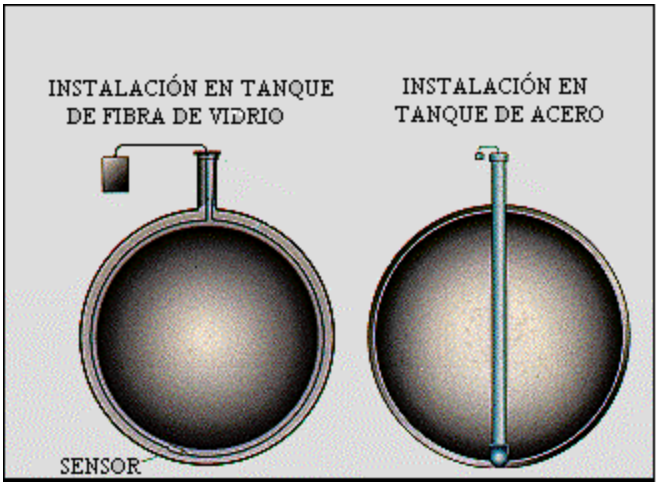
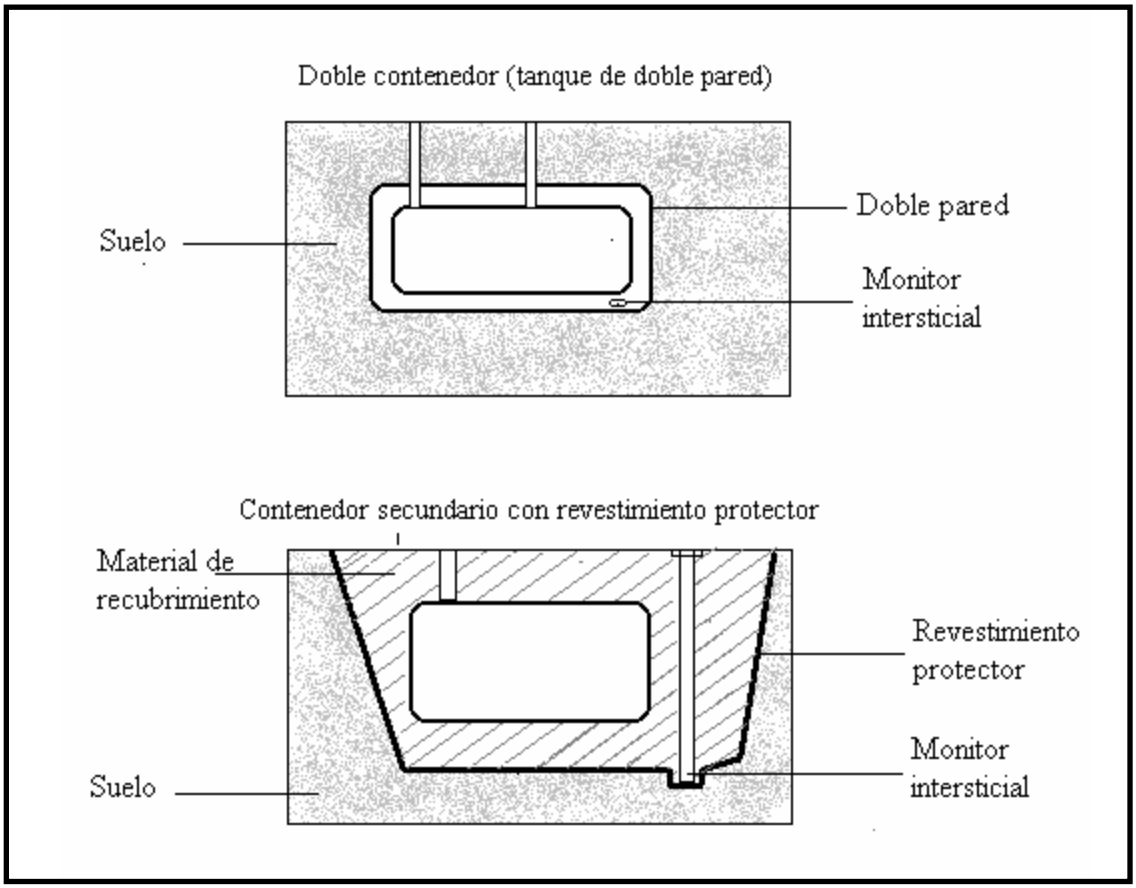


Figura 5.2.4 Sistema de monitoreo intersticial para detectar presencia de fugas en el interior del tanque o fuera de él

En tanques de doble pared el intersticio se puede monitorear a través del uso de una variedad de sistemas diseñados para detectar la presencia de vapor, líquido almacenado, agua o cambios de presión (cualquiera de éstos puede indicar alguna fuga en el interior del tanque o fuera de éste). El sistema de monitoreo para el registro de vapor y líquido está instalado en el intersticio o en pozos de inspección diseñados para este propósito. En algunos sistemas, un líquido es introducido en el intersticio y el nivel de este líquido es monitoreado, ya sea visualmente o electrónicamente. Cualquier cambio en el nivel del líquido indica que hay una fuga en el interior o en el exterior del tanque. Todos los sistemas de monitoreo intersticial, ya sea electrónico o mecánico, requieren una instalación, prueba y en algunos casos, calibración precisa. (PETROLEUM EQUIPMENT INSTITU/RP100, 1994).

Es necesaria la verificación de la integridad del tanque una vez instalado éste además de un programa de mantenimiento. El sistema de monitoreo intersticial se convierte en la intención primaria para verificar la integridad del tanque, debido a la inhabilidad de hacer una inspección física en tanques que están enterrados (TAS). Por está razón, los problemas potenciales con el sistema de monitoreo deben identificarse antes de la instalación y tomarse en cuenta en el sistema de diseño. Estos problemas pueden incluir agua subterránea o penetración de agua corriente de la superficie en el contenedor secundario a través de pequeños orificios o por un inadecuado revestimiento. (ver fig.5.3).



Fuente: Hazardous Material, Gayle Wood, 1993, Pag. 170

Figura 5.3 Doble contenedor (tanque de doble pered)

Otros métodos de detección de fugas

Para los TAS existentes que no tienen sistemas de monitoreo intersticial, se requieren otros métodos de detección de fugas. Éstos incluyen control por inventario, monitoreo de vapor, monitoreo de agua subterránea o flotador automático en tanque (automatic tank gauging) y pruebas de hermeticidad. (usando pruebas volumétricas).

El control del combustible por inventario es una técnica efectiva para detectar fugas que estén por encima de un galón por hora. Debido a su baja sensibilidad, debe combinarse con la prueba de hermeticidad que ha de aplicarse por lo menos cada cinco años hasta que el sistema este caduco y no cumpla con los estándares en materia ambiental. (WOOD, 1993).

Monitoreo de vapor

Se usa predominantemente con TASs que almacenan combustibles (hidrocarburos). El éxito de este tipo de sistema de detección de fugas depende de los tipos de suelos y las características geológicas. Este sistema consiste en pozos de monitoreo y sensores de vapor. Si el líquido o vapor producto de una fuga de un TAS alcanza el suelo monitoreado y a su vez llega al sensor en una concentración predeterminada, el sistema responderá con una alarma.

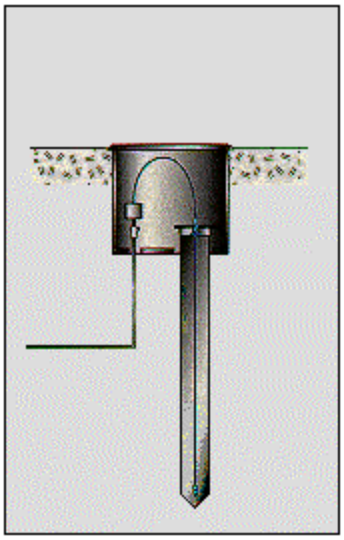


Figura 5.3.1 Sensor de pozo de vapor para monitoreo de hidrocarburo en suelos

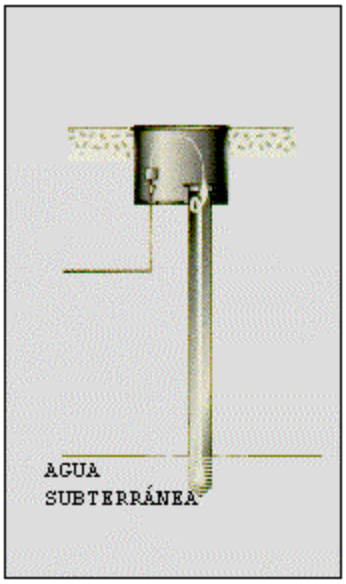


Figura 5.3.2 Pozo de observación para agua subterránea

Monitoreo de agua subterránea

Es un método efectivo para la detección de fugas de productos del petróleo inclusive las gasolinas y para cualesquiera otros productos que tengan una gravedad específica menor a 1.0 g/cm^3, ya que el sensor instalado detecta el combustible que flota en la superficie del agua. El método se puede usar en áreas donde el nivel freático esté muy cerca de la zona de excavación del tanque. Los pozos de observación permanente están cerca del tanque y se examinan periódicamente para encontrar evidencias de fase libre de producto en la superficie del agua del pozo. (WOOD, 1993).

Una guía para identificar fracturas o fugas en TAS se encuentra en “American Society for Testing Material E 432-1991”. Algunos otros métodos son:

“ASTM Anual Book of ASTM Standards, Non Destructive Testing” Vol. 3.03 Philadelphia, 1992.New. York, 1986

“ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V, Non Destructive Testing”.

"API, Design and construction of large, Welded, Low Pressure Ptorage Panks, Standard 620, 8th de. Washington D, C,. 1990."

"EPA, Detecting Leaks: Successful Method Step by Step, EPA/530/ust-89/012. Office of Underground Storage Tanks, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington D.C., 1989"

5.6 INSTALACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO A NIVEL DE PISO EN ESTACIONES DE SERVICIO

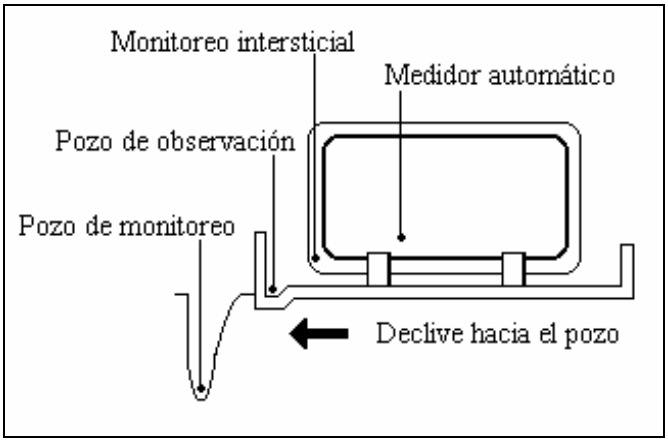
La instalación de estos tanques probablemente requiera algunas construcciones subterráneas. Por ejemplo, para tener la distancias mínimas entre el tanque y los dispensarios, es necesario instalar tubería bajo la superficie, ya que se debe permitir el libre tránsito de vehículos, sin embargo se recomienda que en estas áreas se restrinja el libre tránsito de automóviles.

Planteamiento del sitio. Localización del tanque. La disparidad del tanque de almacenamiento a nivel de piso (TANP) y el TAS en las estaciones de servicio es la cantidad de espacio libre que se ocupa. La presencia de TANP restringe el uso del sitio para otras actividades; por esto, establecer una óptima localización para los tanques es de gran importancia. Un sitio atrás de las instalaciones de servicio y del tráfico es generalmente el más adecuado. Las especificaciones que gobiernan actualmente las distancias para las líneas (tubería), dispensarios, edificio, y los puntos de abastecimiento de los tanques de almacenamiento pueden estar restringidos por la localización de éstos últimos. Las especificaciones pueden permitir que estás distancias se reduzcan si el tanque está abovedado/artesonado.

La publicación de Petroleum Equipment Institute 1992 recomienda prácticas para la instalación de TANP y da sugerencias basadas en documentos de ésta y otras instituciones estadounidenses.

El sistema de almacenamiento debe diseñarse, construirse y operarse proporcionando protección al ambiente y a la población. La detección temprana de fugas ayuda a evaluar la cantidad de combustible fugado y a disminuir los altos costos en acciones correctivas. El control de emisión de vapores durante las operaciones de transferencia de combustible se debe hacer continuamente, de acuerdo con los sistemas de recuperación de vapores, ya que la calidad del aire y del agua son afectados significativamente por los métodos de operación y de construcción de tanques.

Los métodos de detección de fugas deben emplearse continuamente, como el sistema de monitoreo electrónico, o periódicamente, con ajuste por medio de un inventario, inspecciones físicas, y muestreos. Las técnicas de monitoreo son similares a las que se emplean en las TAS, aunque también se puede incluir el monitoreo intersticial para líquido o vapor, agua subterránea y vapor en el suelo, y un medidor automático en el tanque.



Fuente: PEI/RP2OO Pág. 18, 1992

Figura 5.4 Métodos de monitoreo

Tanques. Una inspección visual detallada de la superficie del tanque provee un efectivo método de detección de fugas o fisuras en éste, particularmente cuando el tanque está lleno. La inspección visual es especialmente efectiva para tanques horizontales, ya que éstos tienen poca superficie cubierta. Las señales de fugas pueden incluir la presencia de combustible, manchas en la superficie, o evidencias de suelo contaminado.

Tubería. Alguna tubería puede estar visible y se puede inspeccionar visualmente. La tubería subterránea presurizada debe estar equipada con un sistema de monitoreo de presión en línea, el cual, o restringe el flujo o interrumpe la corriente eléctrica de las bombas en el momento que ocurra una pérdida inexplicable de presión. El contenedor secundario para tubería enterrada facilita el monitoreo y aumenta la protección de ésta.

Estanque contenedor. La inclinación del dique hacia el contenedor facilita la detección y la remoción del líquido. El contenedor puede ser un recipiente abierto y debe estar generalmente ubicado por lo menos a dos pies (64cm) por debajo del nivel del dique.

Pozos de monitoreo. Donde se requieran pozos de monitoreo éstos se deben de localizar fuera de las áreas contenedoras, y están generalmente construidos a una profundidad máxima de 20 pies (6.4m). Éstos se deben construir con el propósito de minimizar la intrusión del agua superficial y con recubrimientos seguros para prevenir el acceso no autorizado del agua o la filtración de ésta.(API/RP200 1992).

5.7 RECUPERACIÓN DE VAPORES

Uno de los mayores males que actualmente aquejan a la población en general es la contaminación atmosférica. Este mal tiene fuentes diversas, y una de ellas, es la contaminación por vapores de combustibles. La importancia de este fenómeno ha sido ya puesta de manifiesto por las autoridades en materia ambiental, por lo cual, se ha iniciado un programa de recuperación de vapores.

La recuperación de vapores se formalizó con la publicación de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-092.ECOL-1995 Y NOM-093-ECOL-1995, emitidas por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), publicadas en el Diario Oficial de la

Federación el 6 de septiembre de 1995, aprobadas el 12 de junio del mismo año por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental.

La NOM-092-ECOL-1995 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 auto consumo ubicadas en el Valle de México.

La NOM-093-ECOL-1995 establece el método de prueba para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de auto consumo.

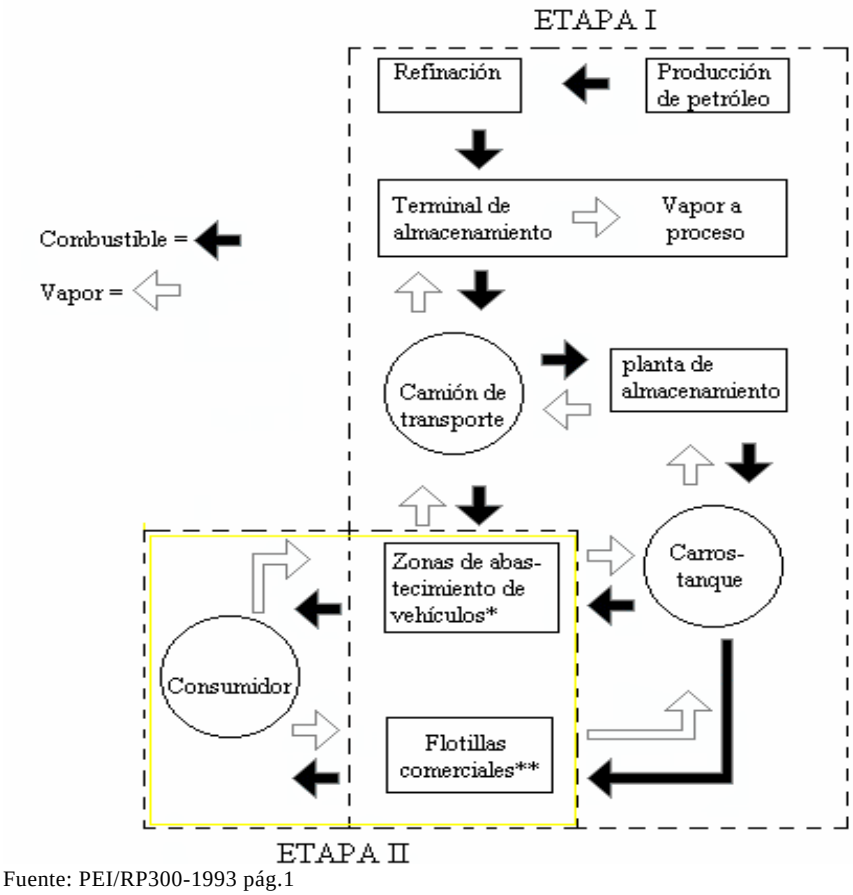
Las fuente de emisión de hidrocarburos crudos a la atmósfera están bien identificadas y estas son: Durante el almacenamiento en tanques de Petróleos Mexicanos; durante el llenado de las pipas de distribución; durante el llenado de los tanques de almacenamiento de las estaciones de servicio y durante el suministro de combustible al tanque del vehículo.

El vapor emitido a la atmósfera es equivalente al volumen del tanque que es llenado. Es decir, que al suministrar gasolina a un vehículo con un tanque vacío de una capacidad de 60 lts., el vapor que se escapa, también, será de 60 litros. Esto sucede una y otra vez en la transportación y el transvase en la cadena de distribución. Los volúmenes son extraordinarios, si se toma en cuenta que en el área metropolitana de la Cd. de México se consumen diariamente un promedio de 19 millones de litros de gasolina, se está emitiendo por lo menos, una cantidad igual o superior de vapor a la atmósfera. La densidad del vapor es variable, pero se ha estimado que en la Ciudad de México se emitieron en 1993 siete millones de litros de gasolina a la atmósfera, cifra impresionante, pero del todo conservadora.

La recuperación de vapores se usa principalmente durante el proceso de distribución que hacen los carros tanques (ETAPA I) y en las operaciones de abastecimiento a vehículos en estaciones de servicio (ETAPA II), con la intención de mejorar la calidad del aire. El control de las emisiones durante la distribución en pipas de transporte a los tanques de almacenamiento, se refiere a la etapa uno en la recuperación de vapores ilustrada en al figura 5.5, que se lleva a cabo mediante la recuperación y retorno a la terminal de proceso, de éstos, durante el transporte. El control de emisiones durante el proceso de abastecimiento de vehículos, que se refiere a la etapa dos (ver figura 5.5) en la recuperación de vapores, es consumado por la recuperación de éstos mismos en la manguera de suministro a los vehículos, y en su retorno al tanque de almacenamiento. Los vapores recuperados durante el abastecimiento de vehículos podrían disponerse por otros métodos tales como incineración in situ. Ver figura 5.5.

La recuperación del vapor del combustible desplazado cuando ocurre el abastecimiento de combustible al vehículo (consumidor) se refiere a la etapa I, donde los vapores capturados se transportan en el tanque del camión (pipas) de regreso a la planta de almacenamiento, donde éstos son procesados por condensación, absorción, o incineración. La presión normal que se desarrolla entre el camión y el tanque es adecuada para forzar que los vapores vayan al tanque del camión.

Aunque este trabajo sólo se limita a las estaciones de servicio, cabe señalar que en la etapa I del proceso de comercialización de la gasolina también ocurren considerables emisiones hacia la atmósfera que las autoridades en materia ambiental deben considerar.(cfr, RECOMENDED PRACTICES FOR INSTALLATION AND TESTING OF VAPOR SYSTEMS AT VEHICLE FUELING SITES, PEI/RP300-1993).



Fuente: PEI/RP300-1993 pág.1

Figura 5.5 Control de emisiones durante la distribución que hacen los carros tanques y en las operaciones de abastecimiento a vehículos en estaciones de servicio

Las recomendaciones que ofrece Petroleum Equipment Institute en materia de instalación de sistemas de almacenamiento subterráneo de líquidos se encuentran en su publicación —PEI/RP100 1990— y en otro documento que tiene como titulo "Prácticas recomendadas para la instalación de sistemas de almacenamiento a nivel de piso para abastecimiento de combustibles a vehículos", que se encuentra en su publicación PEI/RP200 1992. Los materiales más adecuados para la instalación de la tubería y las prácticas recomendadas para hacerlo se encuentran en la publicación de American National Standard Institute que tiene como título Chemical Plant and Petroleum Piping, ANSI b31.3. (PEI/RP300, 1993).

CONCLUSIONES

Los combustibles automotrices (gasolina y Diesel) son parte esencial de la economía mexicana, y a partir de 1938 México, vía PEMEX, se encarga de la comercialización de estos combustibles; durante este periodo los riesgos, accidentes y contaminación ambiental han estado presentes. A partir de esta fecha, la evolución de las gasolinas en México ha determinado de manera substancial los medios y las técnicas que actualmente se utilizan para su manejo y comercialización. Ya que México se ha rezagado notablemente en el plano legal* (específicamente en el ambiental), se debe impulsar el avance, innovación y mejoras en este rubro, es decir, se deben establecer normas que regulen de manera eficiente todas las actividades relacionadas con las gasolinas (transporte, almacenamiento y comercialización), porque finalmente la normatividad es la única herramienta que proporciona la posibilidad de disciplinar las conductas de trascendencia para el ambiente, ya que es una vía capaz de canalizar todos los esfuerzos en investigación y desarrollo de tecnología para proteger el ambiente.

Partiendo de la necesidad de mitigar los riesgos — y en consecuencia los accidentes con las gasolinas — se requiere una legislación concreta y específica, que garantice la seguridad para la salud pública y para el ambiente. Para poder llevar a cabo este cometido es necesario contemplar sistemas de seguridad y prevención de fugas, derrames, emisión de gases a la atmósfera e incendios, con la finalidad de que sea segura, asequible y eficiente. Los equipos que se han diseñado con el propósito de preservar el ambiente son muy seguros hoy en día, pero hay numerosas consideraciones que deben tenerse en cuenta cuando se diseña una estación de servicio. Esto incluye una adecuada cimentación de los tanques, selección del equipo y su material de construcción, ya que éstos están en función de las características del suelo, y del nivel del manto freático, debido a que en algunos sitios éste suele estar muy alto (cerca de la superficie) y provocar corrosión prematura. Para evitar esto se deben implantar sistemas de protección como la protección catódica, el recubrimiento de los tanques con material inerte (arcilla) y sistemas de doble pared (almacenamiento secundario), con monitoreo intersticial. Los tanques de almacenamiento subterráneo son ahora, en cierta forma, más fáciles de controlar desde que se han promulgado regulaciones (en Estados Unidos principalmente) para estos sistemas de almacenamiento de productos de petróleo. También hay numerosos métodos para probar la integridad de los tanques una vez instalados: éstos han sido definidos por diversas organizaciones internacionales (por ejemplo ASME) que ofrecen más alternativas para la seguridad del ambiente.

Un factor preponderante en la legislación ambiental es el de evitar la contaminación del agua subterránea, pero esto sólo se puede alcanzar si el suelo se contamina. Por lo tanto, el objetivo principal es prevenir la introducción de elementos ajenos a la naturaleza del suelo y que lo demás se dé por añadidura. Ahora bien: si la alteración del suelo y del agua ha ocurrido, se pueden aplicar sistemas de restauración que adopten diversas tecnologías (aquí presentadas) que han demostrado ser algunas de las más adecuadas por su uso a nivel internacional. Pero — nuevamente — se puede insistir aún más en la prevención de fugas y derrames en los tanques e instalaciones de las estaciones de servicio, considerando la integridad mecánica exigida por la normatividad mexicana.

* La Constitución Mexicana y la Ley General del Equilibrio Ecológico contemplan la protección del ambiente, de manera general la Ley y la Constitución dicen que se debe mantener el equilibrio ecológico y restaurar cualquier alteración del ambiente provocada por contaminantes y/o actividades industriales.

Los sistemas de monitoreo demuestran ser la vía más adecuada para prevenir las fugas y los derrames, junto con los tanques de doble pared y los sistemas de contención secundaria que se citaron. Estos puntos son de suma importancia, ya que su aplicación en México se está promoviendo y es casi seguro que sean totalmente adoptados, debido a que, por un lado, están los programas de renovación de estaciones de servicio (que no cuentan con sistemas de monitoreo) promovidos por PEMEX, que se encuentran en gran auge (franquicia PEMEX), y por el otro, México tiene una deficiencia de estaciones de servicio del 100% para poder ofrecer un nivel de servicio equiparable a los de Europa y Estados Unidos.

La información que proporcionan las normas y publicaciones, elaboradas por instituciones internacionales de reconocido prestigio, ha colaborado y puede contribuir aún más en la modificación y mejora de los estándares y normas nacionales en materia de instalación de sistemas de seguridad en estaciones de servicio.

El hecho de recopilar tecnologías, técnicas y alternativas para la prevención de fugas y derrames en suelos y aguas subterráneas —y después de haber concluido este documento—, nos sirve de base para asegurar que hay diversas maneras aprobadas técnica y científicamente, que minimizan los riesgos, para la salud pública y para el ambiente, debidos a la contaminación por combustibles.

Ya que los sistemas de seguridad han demostrado alta confiabilidad y eficiencia en su aplicación en otros países (lo cual pueden aprovechar los industriales que se dedican a la comercialización de las gasolinas, sin riesgo de que los equipos fallen o su precisión se vea mermada durante su vida útil), las alternativas para la disminución de fugas y derrames son diversas. Todos los sistemas aquí presentados exponen su confiabilidad; asimismo, la instalación de éstos se hace precisamente en donde los equipos tienen mayor incidencia en fugas y derrames, y, por otra parte, los sistemas se encuentran apegados a las normas y publicaciones más estrictas a nivel mundial.

Los métodos de restauración de suelos y aguas subterráneas suelen ser más complejos de lo que aquí se considera, pero de alguna forma se da la información no para hacer la restauración, sino para entender el fenómeno y tomar conciencia del daño que se está ocasionando al ambiente y el costo que representa repararlo. Por otra parte, estos métodos han sido aplicados con gran éxito en diversos escenarios (en campo), así como en investigaciones de laboratorio.

Y por último: se deben estudiar diversas formas para reducir el nivel de siniestralidad en los carros tanque, ya que parte de la contaminación atmosférica y del suelo es provocada por los accidentes en que éstos incurren. Estas soluciones pueden ser: poner dispositivos que limiten la velocidad de estos vehículos (pipas), para que no rebasen los 85 km/h; conjuntamente hacer una selección más rigurosa de los operadores e impartirles cursos de capacitación que ofrezcan de algún modo seguridad tanto para el ambiente como para ellos mismos. Ya que las exposiciones potenciales a este combustible ocurren en el llenado de tanques de almacenamiento, pipas, tanques de almacenamiento subterráneo y en los derrames que se presentan cuando ocurre un accidente, se deben de cuidar y corregir cualesquiera de las actividades que se relacionen con las gasolinas.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Adomait, Martin, and Brian Whiffin, In Situ Volatilization Technologies: R, D & D Scoping Study, In Proceeding of the 1st Annual Soil and Groundwater Remediation R, D & D Symposium,Ottawa , Ontario, January 1991. Citado por Wood (1993).

Aelion, C.M., and P.M. Bradley. 1991. Aerobic degradation potential of subsurface microorganisms from a jet fuel-contaminated aquifer. Applied and Environmental Microbiology 57, no. 1: 57-63. Citado por Bianchi-Mosquera, et al., (1994).

Allen, R.M. 1991. Fate and transport of dissolved monoaromatic hydrocarbons during steady infiltration through soil. Ph. D. thesis, Department of Earth Sciences, University of Waterloo. Citado por Bianchi-Mosquera, et al., (1994).

Armstrong, A.Q., R.E. Hodson, H.M. Hwang, and D.L. Lewis. 1991. Environmental factor affecting toluene degradation in ground water at a hazardous waste site. Environ. Toxicol- Chem. 10: 147-58. Citado por Bianchi-Mosquera, et al., (1994).

American Petroleum Institute, Using the API colors symbol system to mark equipment and vehicles for product identification at service stations and distributions terminals, API Recommended Practice 1637, First Edition October, 1986, RP 1637/86, pp. 1,2,3 y 5.

American Petroleum Institute, API Toxicological Review Gasoline, First edition, 1967, pp. 1-5.

American Society for Testing and Materials, ASTM Standards Vol. 00.0. Subject Index Alpha Numeric List, De. Staff, 1992, pp. 1033 and 1068.

Barbaro, J., J.F. Barker, L.A. Lemon, And C.I. Mayfield. 1993. Biotransformation of BTEX under anaerobic denitrifying conditions: Field and laboratory observations. J. Contaminant Hydrology 11: 245-72. Citado por Bianchi-Mosquera, et al., (1994).

Barker, J.F. G.C. Patrick, and D. Major. 1987. Natural Attenuation of aromatic hydrocarbons in a shallow sand aquifer. Ground Water Monitoring Review 7, no. 1: 64-71. Citado por Bianchi-Mosquera, et al., (1994).

Bellamy, Kevin L., and Nicole de Lint, In Situ Intercedent Biological Barriers for the Containment and Remediation of contaminated Groundwater, IN proceedings of the 1st Annual Soil and Groundwater Remediation R, D & D Symposium, Ottawa, Ontario, January 1991. Citado por Wood (1993).

Bianchi-Mosquera, Gino C., Allen-King, Richelle M., and Mackay, Douglas M., Enhanced Degradation of dissolved benzene and Toluene Using a Solid Oxygen-Releasing Compound, Winter 1994 GWMR, pp. 120-124.

Bonnecase, J., Introducción al estudio del Derecho, vol. 1 3ª edición, editorial José M. Cajica Jr., Puebla, Pue. México, 1994, pp. 213-216.

Bownell E. Lloyd., Young H. Edwin, Process Equipment Design (Vessel Design), Editorial John Wiley & Sons Inc., United States Of America, 1959, pp. 1-10.

Breviario jurídico ecológico. Edit. Secretaría De desarrollo urbano y ecología. México 1983 pág. 9

De la Fuente, Morón Roberto, Coordinador Estatal de Protección Civil Tamaulipas, Análisis de riesgos y plan de contingencias para estaciones de servicio, Secretaría General de Gobierno, mayo 21 de 1997.

Diario Oficial de la Federación 3 de diciembre de 1996, Pág. 35

Diario Oficial de la Federación 13 de diciembre de 1996, pp. 5-45.

Calabrese, Edward J & Kostecki, Poul T., Hydrocarbon Contaminated Soil and Groundwater, De Lewis Publishers, 1992, Vol. 2, pp. 3 a 63, 84,85 y 86.

Calabrese, Edward J. & Kostecki, Poul T., Principles and Practice for Petroleum Contaminated Soil, De. Lewis Publishers, 1993, pp. 1 a 6, 8, 9, 15 a 22, 134 a 137.

Clark, George L., Hawley, Gessner G. y Hamor, William A., Enciclopedia de Química, Ediciones Omega, España, 1961, pp. 666-669.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Leyes y Códigos de México, 113ª edición, Editorial Porrúa México, 1996, pp., 9, 10, 21, 22, 23-29, 55-61 y 98-101.

EPA. Handbook, Remedial Action at Waste Disposal Sites (Revised), EPA/625/6-85/006. Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, office of Research and development, Cincinnati, OH. **1985**. Citado por Lyman (1990).

EPA. Systems to Accelerate In Situ Stabilization of Waste Deposit, EPA/540/2-86/002. Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, Office of Research and Development, Cincinnati, OH. **1986**. Citado por Lyman (1990).

EPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods, 3rd ed., Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C., **1986**. Citado por Wood (1993).

García Maynez, Eduardo, Introducción al estudio del derecho, 5ª edición, Editorial Porrúa México D.F., 1992, pp. 5-7.

Gary James, H. y Handwerk, Glenn E., Refino de petróleo tecnología y economía, Editorial Reverté, 1980, pp.71-80,160-165.

Iturbe, Rosario, Apuntes de clase Contaminación de aguas subterráneas, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería (DEPFI), 1996. Ciudad Universitaria.

Jaime Reyna, José Francisco Guadalupe, El derecho ambiental como antecedente a la Ley General del Equilibrio Ecológico y protección al ambiente, UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, 1994, pp. 41-55, 67-70, 130-143, 146 y 147.

Lyman, Warren J., Noonam, David C & Reidy, Patrick J., Clean up of Petroleum Contaminated Soils at Underground Storage Tanks. Pollution Technology Review, No 195 De Noyes Data Corporation, New Jersey USA, 1990, Parte 1, pp. 1 a 97.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la protección al Ambiente (y disposiciones complementarias), Leyes y Códigos de México, Novena edición actualizada, Editorial Porrúa, 1994, pp. 2, 3, 4, 7, 11, 48, 49, 53, 65, 69, 252 y 253.

Mackay, Douglas M. *University of California,* Cherry, John A. *University of Waterloo,* ES&T SERIES, Groundwater Contamination: Pump-and-treat Remediation, Environs. Sci. Technol, vol. 23 No 6, 1989 American Chemical Society, pp. 630, 631, 632, 633 y 634.

Mackay, Douglas, Roberts, Paul V. Stanford University, John A. Cherry. University of Waterloo, ES&T SERIES Critical Review, Transport of Organic Contaminants in Groundwater Distribution and Fate of Chemicals in Sand and Gravel Aquifers, Envrion. Sci. Technol, Vol. 19 No. 5, 1985 American Chemical society, pp. 384 a 386.

Martín Mateo, Ramón, Tratado de derecho ambiental, vol. 1, Editorial Trivium 1ª edición, Madrid España, 1991, pp. 5-15, 71,72, 143 y 144.

McMurry, John. Organic Chemistry, Brooks/Cole Publishing Company, Belmont, California, 1992, pp. 86,87,88 y 89.

Morrioson Thornton, Robert y Boyd Neilson, Robert, Química Orgánica, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, E.U.A, 1990.pp. 93-94,117-118.

Olsen, R. L., Fuller P. R., Hinzel, E. J., and Smith, P., Demonstration of land Treatment for Hazardous Waste. Superfund 86, 1986.
ONEXPO Nacional, Sistemas de recuperación de vapores. Año VIII número 9 septiembre 1995. , pp. 9, 10, 15, 16, 17, 18 y 22.

Peniche Bolio, Francisco J., Introducción al estudio del derecho, 5ª edición, editorial Porrúa México, 1980, pp. 69-76.

Perry, H. Robert., Biblioteca del Ingeniero Químico, Vol. 2, Quinta edición, Editorial McGraw-Hill, México 1991, pp. 6-91 a 6-99.

Pesqueira Tauton, Ignacio, Derecho ambiental internacional, su aplicación y perspectivas en México, UNAM, Facultad de Derecho, 1993, pp. 84-105 y 107.

Petroleum Abstracts the University of Tulsa, Vol. 36 November 16.01, April 20, 1996 Números: 621,478-621,885,613,326-613,877, pp. 1276

Petroleum Equipment Institute, Recommended Practices. for Installation and Testing of Vapor Recovery Systems at Vehicle Fueling Sites, PEI/RP300 USA,1993, pp. 1 a 7.

Petroleum Equipment Institute, Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems, PEI/RP100 USA, 1994, pp. 1-6,10-14 y 19-21.

Petroleum Equipment Institute, PEI Recommended Practices for Installation of Overground Storage Systems for Motor Vehicle Fueling, PEI/RP200, 1992, pp. 1,2,3,5,7,9,10,18-21.

Popovich, M., Fuels and Lubricants, New York, John Wiley and sons, INC. 1959, pp. 95,106-112.

Prevención de la contaminación, Rellenos sanitarios prevención de la contaminación, Vol. 5, Número 2, febrero de 1997, Houston Texas, EUA., Pag. 26-29.

Prevención de la contaminación, Tecnologías modernas son la panacea para los problemas onerosos, Vol. 5, Número 2, abril de 1997, Houston Texas, EUA., Pag. 22

Programa de conferencia de PEMEX-REFINECIÓN convenio de colaboración UNAM-PEMEX, 1995, Evolución de la calidad de las gasolinas en México, Tecnologías aplicadas y acciones para su logro. Expositor. Ing. José Alberto Celestinos I. (Subdirector de Producción) México, D.F., mayo 3, 16:00 hrs., 1995 Auditorio de la Facultad de Ciencias Químicas. Ciudad Universitaria.

Wood, Gayle, Hazardous Material and Hazardous Waste Management, a Technical Guide, 1993, pp. 168-183, 247, 248,252,253, 254 y 255-260.

APÉNDICE A

I. LEGISLACIÓN SOBRE COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES

Tabla A.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

Artículo 4º	En su cuarto párrafo dice: "Toda persona tiene derecho a la protección de la salud. La Ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general conforme a lo que dispone la fracción XVI del artículo 73 de esta Constitución."
Artículo 25	En su párrafo sexto dice: "Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsara a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.
Artículo 27	En una fracción del párrafo tercero dice: "En consecuencia, se dictaran las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos, y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras publicas y planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios, etc.."
Artículo 73	Fracción XVI. En su base cuarta se refiere a "las medidas que el Consejo haya puesto en vigor en las campañas adoptadas para prevenir y combatir la contaminación ambiental." Fracción XXIX-G. " Para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los Gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico."
Artículo 115	En su fracción V se refiere a que "Los municipios, en los términos de las leyes federales y estatales relativas, estarán facultados para participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas.

Tabla A.2 Ley General del Equilibrio Ecológico

TÍTULO PRIMERO	
DISPOSICIONES GENERALES	
CAPÍTULO PRIMERO Normas preliminares	
Artículo 2º	Fracción IV. Establece la definición de "Contaminación: la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. Fracción V. Establece la definición de contaminante.
Artículo 3º	Fracción XXVIII. Explica brevemente lo que es la "Restauración: Conjunto de actividades Tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales.
CAPÍTULO II Concurrencias entre la federación, las entidades federativas y los municipios	
De acuerdo con el decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1996, se reformó la fracción XIV del Artículo 5º, para quedar como sigue:	
Artículo 5º	Fracción XIV. La regulación de las actividades relacionadas con la exploración, explotación y beneficios de los minerales, substancias y demás recursos del subsuelo que corresponden a las nación, en lo relativo a los efectos de dichas actividades pueden generar sobre el equilibrio ecológico y el ambiente. Fracción XIX. La regulación de las actividades relacionadas con materiales peligrosos.
CAPITULO TERCERO Atribuciones de la secretaría y coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública federal	
Artículo 8	Fracción XIII. Expedir las normas técnicas ecológicas que deberán incorporarse a las normas oficiales mexicanas que se establezcan para productos utilizados cono combustibles o energéticos.
TÍTULO TERCERO APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS ELEMENTOS NATURALES	
CAPÍTULO II Aprovechamiento del suelo y sus recursos	
Artículo 98	Criterios para la protección y aprovechamiento del suelo. Fracción II. El uso de los suelo debe hacerse de manera de que éstos mantengan su integridad física. De acuerdo al decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1996, Se adicionó la fracción VI en el artículo 98. Para quedar como sigue: Fracción VI. la realización de las obras publicas o privadas que por si mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones correctivas de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.
TÍTULO CUARTO	
PROTECCIÓN AL AMBIENTE	
CAPÍTULO I Prevención y control de la contaminación de la atmósfera	
Artículo 110	Criterios para la protección a la atmósfera. Fracción II.- La emisión de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.
Artículo 111	Criterios para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera. De acuerdo al decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1996, se reformó la fracción II del artículo 111, para quedar como sigue: Fracción II. Integrar y mantener actualizado el inventario de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera de jurisdicción federal, y coordinarse con los gobiernos locales para la integración del inventario nacional y los regionales correspondientes.
CAPÍTULO III. PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO	
De acuerdo con el decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1996, se reformó el Artículo 139, para quedar como sigue:	
Artículo 139	Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga esta ley, la Ley de Aguas Nacionales, sus disposiciones reglamentarias y las normas oficiales mexicanas que para tal efecto expida la Secretaría.
CAPÍTULO V Materiales y residuos peligrosos	
De acuerdo al decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1996, se adicionó Artículo 152 BIS, para quedar como sigue:	
Artículo 152 BIS	Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano u ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.

Tabla A.3 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico

(En materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera)

CAPÍTULO II De la emisión de contaminantes a la atmósfera, generada por fuentes fijas	
Artículo 16	Las emisiones de olores, gases, así como de partículas sólidas y líquidas a la atmósfera que se generen por fuentes fijas, no deberán exceder de los niveles máximos permisibles de emisión e inmisión, por contaminantes y por fuentes de contaminación que se establezcan en las normas técnicas ecológicas que para tal efecto expida la Secretaría en coordinación con la Secretaría de Salud, con base en la determinación de valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente que esta última determina.
Artículo 17	Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a: I. Emplear equipos y sistemas que las emisiones a la atmósfera, para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes.

Tabla A.4 Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo

(Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 1978)

TITULO SEXTO Del manejo transporte y almacenamiento de materiales	
CAPÍTULO V Sistemas de tubería	
Artículo 113	Indica acatar la norma oficial aplicable o el instructivo correspondiente a los sistemas de tubería que conducen los líquidos inflamables.
TITULO SÉPTIMO Del manejo, transporte y almacenamiento de substancias inflamables, combustibles, explosivas, corrosivas, irritantes o tóxicas de las substancias inflamables y combustibles	
Artículo 122	Ordena que el manejo de estas substancias se lleve a cabo de manera que disminuya el riesgo de incendio, de acuerdo a la Normatividad aplicable.
Artículo 123	Establece la prevención de toda causa de incendio y la señalización correspondiente siguiendo lo dispuesto en la Norma Oficial.
Artículo 124	Dispone la conexión a tierra de los tanques de almacenamiento.
CAPÍTULO V De los contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos	
Artículo 146	Establece que los contaminantes no excedan los niveles máximos establecidos por los instructivos correspondientes.

Tabla A.5 Reglamento de Trabajos Petroleros

(Publicado en en el Diario Oficial de la Fedración el 21 de febrero, 1973)

CAPÍTULO SEXTO Transporte	
Artículo 206	Prohibe el transporte de petróleo y sus derivados sin contar con la autorización emitida por la autoridad competente.
CAPÍTULO SÉPTIMO Almacenamiento.	
Artículo 252	Dispone que todo tanque o grupo de tanques cuenten con los medios eficaces para prevenir y sofocar incendios.
CAPÍTULO OCTAVO. Terminales y plantas de almacenamiento y distribución	
Artículo 263	Establece que las distintas unidades dedicadas al almacenamiento, operación y manejo de productos se construyan o instalen garantizando la seguridad misma.
PREVENCIONES DE SEGURIDAD	
Artículo 277	Indica que las plantas de almacenamiento cuenten con los medios eficaces para prevenir y sofocar incendios.
Artículo 278	Dispone que las plantas de almacenamiento cuenten con servicio de agua en cantidad y distribución suficientes para sofocar incendios.
Artículos 279	Ordena la conexión a tierra de los tanques, sistemas de carga u descarga, así como los transportes.

Tabla A.6 Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios

En la gaceta sanitaria publicada el mes de diciembre de 1987, se establece una lista de substancias tóxicas, entre ellas se encuentra la gasolina, por lo tanto, los siguientes artículos son aplicables a ésta.	
TITULO VIGÉSIMO Substancias tóxicas	
CAPITULO ÚNICO	
Artículo 1214	Define a las substancias tóxicas
Artículo 1215	Define como riesgo para la salud a las substancias tóxicas
Artículo 1224	Indica la obligatoriedad en realizar mediciones de la concentración de emisiones y exposición.
Artículo 1235	Establece las medidas de control en el uso y manejo de las substancias tóxicas o peligrosas.

Tabla A.7 Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

TITULO PRIMERO Disposiciones generales. Establece las prohibiciones estipuladas para los medios de transporte en cuanto a materiales y residuos peligrosos.	
CAPÍTULO I Clasificación de substancias peligrosas	
Artículo 7º	Clasificación de las substancias peligrosas.
Artículo 10	Define la clase tres o líquidos inflamables.
Artículo 17	Dispone que la identificación de las substancias peligrosas se ajusten a la Norma operante y bajo la clasificación de las Naciones Unidas.

II. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Tabla A.8 Emitidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes

NOM-003-SCT2/1994	Para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos. Publicado 7-IX-95
NOM-006-SCT2/1994	Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al transporte de materiales y residuos peligrosos. Publicado 7-IX-95
NOM-017-SCT2/1995	Lineamientos generales para cargado, distribución y sujeción en las unidades de auto transporte de los materiales y residuos peligrosos. Publicado 25-VIII-95
NOM-018-SCT2/1994	Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario. Publicado 25-VIII-95
NOM-028-SCT2/1994	Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados. Publicado 04-X-95

Tabla A.9 Emitidas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social 1993-1994

NOM-005-STPS-1993.	Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de substancias inflamables y combustibles. Publicado 03-XII-93
NOM-045-STPS-1993	Higiene industrial - Medio ambiente laboral - Determinación de Benceno en Aire, Método de cromatografía de gases. Publicado 20-XII-93
NOM-047-STPS-1993	Higiene industrial - Medio ambiente laboral - Determinación de Xileno en Aire, Método de cromatografía de gases. Publicado 23-XII-93
NOM-050-STPS-1993	Higiene industrial - Medio ambiente laboral - Determinación de Tolueno en Aire, Método de cromatografía de gases. Publicado 06-I-94

Tabla A.10 Emitidas por la Secretaría de Desarrollo Social y Ecología 1993-1995

NOM-031-ECOL/1993	Limites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.
NOM-053-ECOL/1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción, para determinar los constituyentes que hacen un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-092-ECOL/95	Regula la contaminación atmosféricas y establece los requisitos, especificaciones y parámetros para la instalación de sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de auto consumo ubicada en el Valle de México.
NOM-093-ECOL/95	Establece el método de prueba para determinar la eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolinas en estaciones de servicio y de auto consumo.

Actualmente se encuentra en evaluación el proyecto de Norma, que establece los requisitos técnicos para el diseño, construcción, operación, seguridad y mantenimiento de estaciones de servicio destinadas a la venta directa al público y autoconsumo de gasolina y diesel.

Tabla A.11 Emitidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial

NOM-005-SCFI-1993	Instrumentos de medición - sistemas para medición y despacho de gasolinas y diesel.

III.- NORMATIVIDAD EN ESTADOS UNIDOS

Tabla A.12 Publicaciones API

American Petroleum Institute. API Publ 4516-91	Sampling and analysis of gasoline range organic in soil, October 1991.
American Petroleum Institute. API RP 1625 (1987).	Instillation of Underground Storage systems for Petroleum Products. 4ª edition.
American Petroleum Institute. API RP 1627-86	Storing and handling ethanol and gasoline. Ethanol and Blends at distributions terminals and service station, 1986.
American Petroleum Institute. API RP 1626-85	Storing and handling ethanol and gasoline. Ethanol and Blends at distributions terminals and service station, 1981.
American Petroleum Institute. API RP 1621-87	Bulk liquid stock control at retail outlets, fourth edition supplement march 1989.
American Petroleum Institute. API Publ. 4439-85	Berichte Research Report 250-1. Exposure Data on C7 and C8 Aromatics During handling and production of motor gasoline, 1985.
American Petroleum Institute. API Publ. 2005-84	Service station safety.
American Petroleum Institute. API Publ. 4415-85	Literature survey: Unassisted Natural Mechanism to reduce concentrations of soluble gasoline components.
American Petroleum Institute. API Publ. 4422-80	Cost model for select technologies for removal of gasoline components from groundwater. February 1986.
American Petroleum Institute. API RP 1615 (1987).	Installation of Underground Storage Systems, 4th ed.

Tabla A.13 Publicaciones ASTM

American Society for Testing and Materials. ASTM D4420-89	Standard test method for aromatics in finished gasoline by gas chromatography.
American Society for Testing and Materials. ASTM D3710-88	Standard test method for boiling range distribution of gasoline and gasoline fraction by gas chromatography.
American Society for Testing and Materials. ASTM D5189-91	Standard test method for temperature corresponding to vapor-liquid ratio of 20 for gasoline oxygenate blends (Bomb method).
American Society for Testing and Materials. ASTM D4815-89	Standard test method for determination c1 to c4 alcohol and MTBE in gasoline by gas chromatography.
American Society for Testing and Materials. ASTM D2001-92	Standard test method for determination of gasoline and naphtha.
American Society for Testing and Materials. ASTM D525-88	Standard test method for oxidation stability of gasoline (Induction period method) (IP 40/86) (British standard).
American Society for Testing and Materials. ASTM D4021-86.	Standard Specification for glass-fiber-Reinforced plastic Underground Storage Tanks for Petroleum Products.

Tabla A.14 Publicaciones Environmetal Protection Agency (EPA)

EPA/600/4-89/034.	Monitoring Systems Laboratory “Handbook of Suggested Practices for the Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells”.
EPA/530/UST-89/01A.	Detecting Leaks: Successful Method step by step,. EPA Office of underground storage tanks, office of solid waste and Emergency Response, Washington DC, 1989.
CITAS DE ESTÁNDARES INDUSTRIALES	
EPA 530/UST-88/.(Underground Storage Tanks) September 1988	
40 CFR 266.33	Standards applicable to transporters of hazardous waste fuel.
40 CFR 61.325	Alternative means of emission limitation for gasoline storage vessels.
40 CFR 280.53	Reporting and cleanup of spills overfills.
40 CFR 280.65	Investigations for soil and groundwater cleanup.
40 CFR 280.30	Spill and overfill control.
40 CFR 191.16	Ground Water protection requirements.

APÉNDICE B

ACCIDENTES OCURRIDOS CON COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES EN EL PERIODO 1990-1995

Tabla B.1

AGUASCALIENTES		
TIPO	**DESCRIPCIÓN**	**FECHA**
Derrame	De más de 30,000 litros de Diesel, de un poliducto de PEMEX en las inmediaciones de Aguascalientes y Salinas . La Jornada.	07/26/95
BAJA CALIFORNIA NORTE		
Derrame	De 200 litros de gasolina a un canal Pluvial. Excélsior.	12/17/91
Explosión	De un tanque de combustible Diesel. El camión chocó con un trailer en el kilómetro 34 de la carretera libre a Tijuana. Excélsior	09/21/93
Derrame	De 15,000 litros de gasolina Magna Sin en el área comercial aledaña a un río. El Universal.	04/2094
Derrame	De unos tanques de almacenamiento de una gasolinera desde hace 35 años. Excélsior.	05/18/94
Derrame	De un volumen determinado de Diesel en el subsuelo por fisuras en un poliducto. Excélsior.	06/12/94
BAJA CALIFORNIA SUR		
Derrame	De 1,300 litros de diesel en la Bahía de La Paz, SEDUE encontró responsable a Pemex. El Universal	06/18/92
Fuga	De 40,000 litros de Diesel de una pipa que chocó con un camión que transportaba alambre y lamina en la transpeninsular. El Universal.	07/04/95
Explosión	De dos pipas que transportaban gasolina. Protección Civil.	11/13/95
Incendio/ Explosión	De tres tanques cargados con 50,000 litros de gasolina Nova que explotaron en serie en la carretera a Pichilingue. El Universal	11/14/95
CHIHUAHUA		
Derrame	De un millón de litros de combustible, llegando éste al Río Bravo. El Excélsior	08/31/93.
Derrame	De combustible en una estación de servicio ubicada al noroeste de esta ciudad. El Universal	09/02/93.
Fuga	De 10,000 litros de gasolina de un camión cisterna. Protección Civil.	01/09/95
Derrame	De Diesel de una pipa. SETIQ	02/24/95
Derrame	De gasolina, en una estación de servicio que contaminó el subsuelo de gran parte de la colonia Américas. El Universal.	11/04/95
COAHUILA.		
Fuga	De gas y acumulación de diesel y gasolina en el drenaje de y ductos telefónicos subterráneos. Excélsior y El Universal	04/29/92.
Fuga	De 1, 558,000 litros de gasolina Nova del poliducto de Pemex, en el tramo de Paila y el poblado de San Rafael. El Universal	07/18/93.
Explosión	De instalaciones de gasolina Nova y Magna Sin de PEMEX. El Universal.	02/15/94
Fuga	En las mangueras de abasto de las bombas de dos gasolineras. Protección Civil.	01/27/95
COLIMA		
Derrame	De gasolina Nova de una manguera que abastecía a una gasolinería. Excélsior.	10/13/94
Explosión	De un camión pipa con 15,000 litros de gasolina en la super carretera Colima-Guadalajara, al volcarse el vehículo. Excélsior.	02/21/95
DISTRITO FEDERAL		
Derrame	De 1,500 litros de diesel de una pipa e Pemex, que se volcó por exceso de velocidad frente a la Cd. Deportiva El Universal.	11/20/90.
Fuga e incendio	De gasolina por saturación en la planta de destilación primaria #1 de la refinería 18 de Marzo. El Universal	01/21/91.
Derrame	De 16,000 litros de gasolina, al volcarse una pipa en la Delegación Milpa Alta. El Financiero	12/16/91.
Fuga	De gasolina Nova en una estación de servicio ubicada en Bolívar y San Jerónimo, en el centro de la Ciudad de México. Excélsior, UNO MÁS UNO	04/29/92.
Fuga	De gasolina detectada en el drenaje de delegación Alvaro Obregón. UNO MÁS UNO	05/04/92.
Fuga	De gasolina en una estación de servicio de la colonia Martín Carrera. Donde se detectó un alto grado de explosividad en el drenaje. La jornada	05/07/92

TIPO	DESCRIPCIÓN	FECHA
Fuga	De gasolina en una estación de servicio. Se detectaron residuos de combustibles en las alcantarillas de la colonia tránsito. UNO MÁS UNO	05/10/92
Fuga	De gasolina en una estación de servicio. Presentándose un riesgo de 40% de explosividad en la colonia Anáhuac. El Universal	05/13/92.
Derrame	De 15 litros de diesel de una pipa de Pemex, al impactarse con una unidad de la R-100. Excélsior, UNO MÁS UNO.	05/19/92
Derrame	De gasolina en la estación de servicio 215, ubicada en la colonia Magdalena De Las Salinas. La Jornada	10/09/92.
Fuga	De gasolina. Se detectaron niveles de explosividad del 100% a la altura de Churubusco y Canela en Iztacalco. UNO MÁS UNO	11/18/92.
Explosión	De un tanque cisterna que contenía residuos de gasolina "Magna Sin" que era soldado en la empresa "Transportistas Unidos". La jornada	11/23/93.
Derrame/Explosión	De 50,000 litros de gasolina. Protección Civil.	11/27/93
Derrame	De gasolina en una estación de servicio que invadió el drenaje. Excélsior.	02/17/94
Incendio	En una gasolinera, amenazando volar 10,000 litros de combustible. Universal.	05/10/95
Explosión	En el drenaje por la acumulación de 10,000 litros de gasolina en San Angel. Reforma.	05/19/94
Incendio	De una gasolinera ardiendo 75,000 litros de combustible por un chispazo producido por una manguera con el cemento. Reforma y El Universal.	08/06/94
Derrame	De miles de litros de combustible al ser arrastrado un microbús por un tren. Excélsior	08/24/94
Fuga	De Diesel proveniente de la caldera del hotel "El Patio" a un ducto de PEMEX. La Jornada, UNO MÁS UNO, El Financiero y El Universal.	01/02/95
Incendio	En una gasolinera, amenazando volar 10,000 litros de combustible. Universal.	05/10/95
Derrame	De gasolina en el drenaje de la colonia Estrella. El Universal	04/17/95
Derrame	De gasolina de la estación de servicio "Bailo" en la colonia Roma. La filtración llegó al túnel del metro Centro Médico. La Jornada	10/06/96.
Fuga	De diesel proveniente del antiguo hotel "Guillow" ubicado en el Centro de la Ciudad. Universal, UNO MÁS UNO.	10/08/96.
DURANGO		
Derrame	De 30,000 litros de gasolina y diesel al drenaje. Excélsior	09/30/94
Derrame	De gasolina al drenaje. Excélsior	10/02/94
GUERRERO		
Explosión	De un tanque cisterna que transportaba 15,000 litros de diesel, en la carretera México - Acapulco. Excélsior	03/06/91.
Derrame	De 18,000 litros de diesel al río Aguas Blancas, al volcarse un camión cisterna de la empresa " Refinado y Combustible". Excélsior	10/08/92.
Fuga	De gasolina en la estación de servicio "DETER" ubicada entre las colonias CD. Renacimiento y Zapata. Explosividad del 90%. UNO MÁS UNO	10/19/93.
Derrame	De 1000 litros de gasolina Magna Sin , de un camión de PEMEX por una falla mecánica. La Jornada.	01/12/95
Fuga	De gasolina y aceite quemado en el sistema de alcantarillado de Acapulco, produciendo gran acumulación de gases. UNO MÁS UNO.	02/01/95
Incendio	En el buque tanque "BACAB" cargado con 200,000 barriles de diesel y turbosina. Protección Civil y El Universal.	06/14/95
GUANAJUATO		
Derrame	De 20,000 litros de diesel en la carretera. Excélsior.	07/29/94
Explosión/Incendio	En la refinería de Salamanca, ardió un tanque de más 125,000 litros de gasolina Magna Sin, se desconocen las causas. El Universal.	03/26/95
Derrame	De gasolina Nova de una pipa. SETIQ.	09/05/95
HIDALGO		
Derrame	De gasolina Magna sin al volcarse un carro tanque que transportaba 42,772, derramando el 50% de la carga. Protección civil	02/05/92.
Derrame	De diesel al volcarse una pipa. El hidrocarburo se filtró por las alcantarillas. Excélsior	07/01/93.
Fuga	De gasolina. Más de 300 litros de gasolina se han bombeado de dos pozos artesianos. Investigan a la estación de servicio "0728". El Universal	12/14/93.
Fuga/Explosión	En una planta de hidrosulforación de gasolinas debido a una fuga en una bomba de fondos. El Universal, Excélsior.	04/11/94
Fuga	De gasolina en una estación de servicio ubicada al sur de la ciudad presentando un alto grado de explosividad. Excélsior.	03/02/95
Derrame	De combustible de una pipa que transportaba 45,000 litros de gasolina y una camioneta particular. Protección Civil.	08/20/95
Derrame	Volcadura de un remolque que se accidentó cargado con más 39,000 litros de gasolina Magna Sin. El Universal.	10/24/95

TIPO	DESCRIPCIÓN	FECHA
	JALISCO	
Derrame	De 4,000 litros de gasolina en una estación de servicio del sector Libertad. El índice de explosividad fue del 100%. El financiero	07/12/92.
Fuga	De gasolina en la estación de servicio "Solorzano" se presentaron filtraciones hacia el drenaje. Excélsior	09/09/92.
Derrame	De 10,000 litros de gasolina Magna sin hacia el drenaje, en el tanque #1 de la estación Pemex 422. Excélsior	09/20/92.
Derrame	De gasolina durante las maniobras de descarga de un carro de almacenamiento. La Jornada	10/14/92.
Derrame	De 300 litros de gasolina nova, por una pipa de Pemex que abastecía los depósitos del expendio "AMONIZ". Excélsior	10/29/92.
Derrame	De 28,000 litros de gasolina Nova por la volcadura de una pipa que transportaba 47,000 litros. Protección Civil	02/16/93.
Derrame	De gasolina al drenaje. Se presentó explosividad de 100%. Excélsior UNO MÁS UNO.	03/10/93.
Derrame	De 30,000 litros de gasolina, de los 40,420 que transportaba un carro tanque, al volcarse por exceso de velocidad. Excélsior	04/19/93.
Fuga	De combustibles. Se detectó su presencia en el subsuelo clausurándose la estación de servicio " La bandera". Excélsior, UNO MÁS UNO.	05/20/93.
Fuga	De gasolina Nova. Se detectó su presencia en el drenaje con 90% de explosividad. Protección Civil	04/29/93.
Derrame	De diesel por parte de la empresa "Ferronales" y de la estación de servicio "La Bandera". Excélsior	09/07/93.
Fuga	De diesel de los tanques de almacenamiento subterráneas de la estación de servicio "El Alamo". Se recuperaron 1,300 litros de combustible y agua. Excélsior	09/30/93.
Derrame	De gasolina al volcarse una pipa con capacidad para 40,000 litros en la carretera Guadalajara-Saltillo. La Jornada	11/11/93.
Derrame	De 15,000 litros de gasolina Nova, quedando 12,000 litros en las alcantarillas. Protección Civil.	11/05/93
Derrame	De gasolina en pozos de agua potable. El Universal.	03/23/94
Derrame	De 31,000 litros de gasolina de un carro tanque de PEMEX que se volcó en el kilómetro 14 de la carretera a Chápala. Excélsior.	11/26/95
	MÉXICO	
Derrame	De 4,000 litros de gasolina nova al drenaje, al chocar una pipa de Pemex contra un camión repartidor de refrescos. El Universal	11/04/92.
Derrame	De producto químico en el drenaje municipal. Posteriormente se registró una explosión en una estación de servicio. Protección Civil	03/10/93.
Derrame	De 50,000 litros de gasolina por una pipa que chocó con una máquina de Ferrocarriles Nacionales, al intentar ganarle el paso. UNO MÁS UNO	10/05/93.
Incendio	Producido por la gasificación de 200 litros de gasolina. Protección Civil.	08/17/93
Derrame	De gasolina de un poliducto de PEMEX al realizar una excavación. El Universal.	04/12/94
Derrame	De 1,200 litros de gasolina al drenaje de la cabecera municipal La Jornada, Reforma y El Universal.	05/04/94
Derrame	De gasolina al drenaje por una gasolinera. La Jornada, Reforma	10/14/94
Volcadura	De una pipa con 73,000 litros de gasolina en el municipio de Zumpango. El Financiero	02/02/95
Derrame	De 43,000 litros de diesel de una pipa al chocar con un camión de redilas, derramando el combustible sobre la vía José López Portillo. Excélsior	05/05/95
Fuga	De diesel de un camión de redilas en el kilómetro 18+ 300 de la carretera libre México-Cuautla. Protección Civil.	08/15/95
Fuga	De gasolina en el drenaje, se detectaron explosividad del 60 al 90 %. Protección Civil	09/05/95
Derrame	De 98000 litros de gasolina de una pipa de PEMEX que se Incendió se volcó. Protección Civil.	10/05/95
Incendió	En la fábrica de velas La Bien Parecida, por un corto circuito se consumieron 120 toneladas de parafina y 10,000 de diesel. Protección Civil, Reforma, y El Universal.	10/27/95
	MICHOACÁN	
Explosión e incendio	De un tanque de almacenamiento con 300,000 litros de gasolina y diesel. El Universal	06/28/90.
Fuga	De gasolina. Se detectó en la red de alcantarillado. Protección Civil	03/01/93.
Derrame	De gasolina por la volcadura de un trailer-pipa que la transportaba. Protección Civil	09/10/93.
Volcadura	De un vehículo que al impactarse, se incendió en la carretera Morelia - Mil Cumbres. Protección Civil.	02/15/95

TIPO	DESCRIPCIÓN	FECHA
Derrame	Del 80% de la carga de gasolina contenida en un camión pipa que se volcó sobre la carretera Patzcuáro-Uruapan. Excélsior.	03/10/95
Derrame	De gasolina de una pipa SETIQ	03/10/95
MORELOS		
Fuga	De gasolina en el poblado de San Mateo. Se sospecha de la empresa "CORONA". Excélsior	09/05/93.
Derrame	De gasolina nova que transportaba una pipa de la empresa "Transportes PACSA".	11/25/93.
Derrame	De 2500 litros de gasolina Magna Sin en un gasoducto de la refinería "Antonio Dovali Jaime". El Universal.	01/05/94
Derrame/Explosión	De 60,000 litros de gasolina Magna Sin en la carretera. Excélsior.	07/30/94
Derrame/Explosión	De un carro tanque con 42,000 litros de gasolina. Novedades.	10/28/94
Incendio	De un autobús de pasajeros en la carretera San Sebastián Tuxtla-Oaxaca. Protección Civil.	03/15/95
Derrame	De 25,000 litros de gasolina Nova de un camión pipa que se volcó sobre la carretera al Istmo. Excélsior.	07/27/95
NUEVO LEÓN		
Derrame	De gasolina por volcadura de una pipa. Protección Civil.	02/23/93
OAXACA		
Derrame	De 3,000 litros de gasolina por la empresa de transporte de combustible "LOLA", en la planta de almacenamiento de Pemex. El Universal, La Jornada	06/20/93.
Derrame	De 43,000 litros de gasolina al drenaje y posteriormente al Río "Salado", debido a la volcadura de un camión cisterna. UNO MÁS UNO.	06/26/93.
Derrame	De gasolina de una pipa. SETIQ	08/07/93.
PUEBLA		
Fuga	De gasolina del servicio ""GASA". Se localizó el 20% de ésta en el sistema de alcantarillado. Excélsior, UNO MÁS UNO.	05/05/92.
Derrame	De 80 a 50 litros de gasolina provenientes de la estación de servicio "RARO" que se filtró hacia el drenaje. Excélsior, La Jornada.	10/04/92.
Derrame	De 43,500 litros de gasolina industrial al arroyo Silima y río San Marcos, tras la volcadura de una pipa. El Universal.	10/26/92
Explosión	De una cisterna con 50,000 litros de diesel de la panificadora "BIMBO", por mal mantenimiento al soldar un tanque. Excélsior	12/09/92.
Derrame	De 10,000 litros de gasolina sobre la carretera y el Río Los Ajolotes, al volcarse una pipa. Excélsior	01/28/93.
TIPO	**DESCRIPCIÓN**	**FECHA**
Derrame	De 43,500 litros de gasolina industrial al arroyo Silima y río San Marcos, tras la volcadura de una pipa. El Universal.	10/26/92
Derrame	De una pipa con 20,000 litros de gasolina. El Universal	02/08/94
Derrame	De gasolina Nova en el drenaje de la colonia Malintzin al norte de la ciudad. Excélsior	08/27/95
QUINTANA ROO		
Fuga	De gasolina de los tanques de almacenamiento de la estación de servicio "Servimar" en Chetumal. Se extrajeron 600 litros del drenaje. El universal	08/16/93.
SAN LUÍS POTOSÍ		
Fuga	De 5,600 litros de gasolina de los tanques de abastecimiento de una estación de servicio que diseminaron en el drenaje. UNO MÁS UNO, La Jornada.	07/29/92.
SINALOA		
Fuga	De gasolina Nova a un pozo artesiano localizado a tres metros de la estación de servicio. Excélsior y La Jornada.	02/23/95
Derrame	De cientos de litros de gasolina de un depósito en el servicio "LERMA" del municipio de Escuinapa. El Universal	12/06/95
SONORA		
Derrame	De 2000 litros de diesel al romperse la línea conductora de éste. UNO MÁS UNO	02/21/94
Fuga	De gases presuntamente derivados de gasolina en ductos de teléfono. La jornada y Excélsior.	02/22/94
Derrame	De 60,000 litros de diesel en un poliducto de PEMEX. Excélsior	03/09/94
Fuga	De un tanque de una gasolinera entre la calle 10 y la Avenida 6 Protección Civil.	01/05/95
TABASCO		
Explosión	En el ducto de gasolina de Cd. PEMEX-Cactus de 24 pulgadas en las rancherías Plátano y Cacao. Excélsior y El Universal	02/23/95

TIPO	DESCRIPCIÓN	FECHA
TAMAULIPAS		
Derrame	De gasolina al drenaje en la estación de servicio "Guajardo", donde se detectaron grados de explosividad del 60%. Excélsior	01/05/92
Derrame e incendio	En el buque de Pemex Benito Juárez que transportaba gasolina Nova. Al reventarse una línea de combustible. La jornada	09/23/93.
Derrame	De 15,000 litros de un poliducto al drenaje municipal Excélsior.	05/20/94
Derrame/fuga	De gas natural y gasolina a las alcantarillas. Excélsior	05/24/94
Fuga	De gasolina en un expendio, llegando al drenaje sanitario y pluvial. El Universal.	06/07/94
Derrame	De 1000 litros de gasolina de una pipa en una plazuela de la aduana local. Excélsior y El Universal.	06/30/94
TLAXCALA		
Derrame	De gasolina en la estación de servicio "Dorantes" en Apizaco. El Universal	01/15/91.
Derrame	De gasolina en un balneario, un pozo y redes de drenaje. El Universal.	08/29/94
VERACRUZ		
Derrame	De 26,000 litros de gasolina Nova al drenaje de uno de los tanques de almacenamiento de la estación de servicio "Jara". Excélsior	12/08/92.
Fuga	De 20,000 litros de gasolina Nova al perforarse un ducto de la refinería Lázaro Cárdenas. Excélsior	01/06/93
Derrame	De 200,000 litros de diesel en el poliducto de Pemex Minatitlán-Villahermosa, a causa de una válvula mal instalada. La Jornada, El Universal	10/02/93.
Fuga	De 503 barriles de Diesel por una toma clandestina Protección Civil.	10/02/93
Explosión	En una válvula de un ducto de diesel de PEMEX. Excélsior.	05/21/94
Derrame	De diesel provocado por un tubo clandestino que perforó un ducto de PEMEX. La Jornada y El Universal.	06/05/94
Derrame	De gran cantidad de gasolina Magna Sin por una toma clandestina en un poliducto de 16 pulgadas. El Universal.	07/24/95

ANEXO

Instructivo para desarrollar y presentar la manifestación de impacto ambiental para Estaciones de Servicio, en la modalidad general que se refiere a los artículos 31, 32 y 34 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y protección al Ambiente del Estado de Tamaulipas, y artículos 7, 8 y 11 de su reglamento en materia de impacto ambiental y regulación con fines ecológicos de los materiales o sustancias de competencia Estatal.

I.- DATOS GENERALES

1.- Nombre denominación o razón social de la empresa.
2.- Nombre del propietario de la empresa y gerente de la estación de servicio.
3.- Nacionalidad de la empresa.
4.- Actividad principal de la empresa.
5.- Domicilio (calle, número, col., municipio, C.P. y Tel.) para recibir y oír notificaciones.
6.- Cámara y/o asociación a la que pertenece la empresa.
7.- Número y fecha de registro.
8.- Registro federal de causantes/contribuyentes.
9.- Nombre del responsable del proyecto en el estudio de impacto y riesgo ambiental.
10.- Clave de registro en el sistema estatal de prestadores de servicio en materia de impacto ambiental.
11.- Instrumento jurídico mediante el cual se concede poder suficiente al responsable para subscribir el presente documento. Anexar comprobante.
12.- Firma del responsable bajo protesta de decir la verdad.
13.- Lugar y fecha.

II.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA O ACTIVIDAD PROYECTADA

1.0- Descripción general

1.1- Nombre del proyecto.
1.2- Naturaleza del proyecto (explicar en forma general el tipo actividad que se desee llevar acabo, especificando un estimado del volumen diario mensual de venta y el capital contable.
1.3.- Objetivos y justificación del proyecto.
1.4.- Programa de trabajo anexar la calendarización de actividades de cada etapa, indicando la fecha de inicio de actividades).
1.5.- Proyectos asociados (si es en zona rural o suburbana).
1.6.- Políticas de crecimiento a futuro.

2.0.- Etapa de selección de sitio

2.1.- Ubicación del proyecto (dirección del predio)
2.2.- Coordenadas del predio (sólo si es una zona rural o suburbana)
2.3.- Describir las colindancias del predio y las actividades del suelo en un radio de 200 metros en su entorno.
2.4.- Superficie total (m^2) _____. Superficie requerida _____
2.5.- Especificar si cuentan con otras autorizaciones oficiales para realizar la actividad propuesta. Anexar copias comprobante.
2.6.- Anexar plano a escala, de localización, marcando los siguientes puntos:

Sitio	Superficie mínima m^2	Frente mínimo de acceso
Esquina	400	20
Zona urbana	800	30

Asimismo

- Deberá de localizarse a una distancia mínima de resguardo de 100m. lineales contados a partir de los límites del predio de centros de concentración masiva (escuelas, hospitales, mercados, cines, teatros, estadios, auditorios, etc.)
- Deberá de localizarse a una distancia mínima de resguardo de 100m. con respecto a una planta de almacenamiento de gas L.P.
- Deberá de localizarse a una distancia mínima de 30m. con respecto a líneas de alta tensión, vías férreas y ductos que transportan derivados del petróleo.
- No deberá de colindar bajo ninguna circunstancia con casa-habitación.
- En una zona urbana, así como en zonas donde el nivel de aguas freáticas sea inferior a 4m. de profundidad a partir del nivel de suelo natural, deberá de confinar en fosas de concreto armado los tanques de almacenamiento de combustibles.
- Principales vías de acceso

2.7.- Criterio de elección del sitio.
2.8.- Situación legal del predio.
2.9.- Sitios alternativos para el desarrollo de la obra o proyecto, que hayan sido evaluados.

3.0.- Etapa de preparación del sitio y construcción. Anexar los planos gráficos del proyecto, el sistema constructivo, y la memoria técnica del proyecto

3.1.- Programa de trabajo.
3.2.- Preparación del terreno. Para la construcción de la obra civil indicar los recursos naturales y área serán alterados (localización).
3.3.- Equipos requeridos por etapa del proyecto. En cantidad, tiempo estimado de uso y descripción.
3.4.- Materiales. Listar los materiales, que serán utilizados en ambas etapas mencionando tipo, volumen y forma de traslado.
En caso de que se utilicen recursos de la región (bancos de material) indicar cantidad, ubicación y permiso estatal de explotación correspondiente.
3.5.- Obras y servicios de apoyo. Indicar las obras provisionales y los servicios necesarios para la etapa de preparación del terreno y para la construcción.
3.6.- Personal utilizado. Especificar el número de trabajadores que serán empleados en ambas etapas del proyecto y tiempo de ocupación, en la medida de lo posible, ser de la localidad.
3.7.- Requerimiento de energía: a) Electricidad: Fuente de suministro, potencia y voltaje; b) Combustible: Fuente de suministro, cantidad que será almacenada y forma de almacenamiento.
3.8.- Requerimiento de agua: Indicar el volumen, traslado y forma de almacenamiento.
3.9.- Residuos generados: Tipo (s) de residuo (s) que se generan durante la etapa de preparación del sitio, construcción y destino final.
3.10.- Desmantelamiento de la infraestructura de apoyo. Indicar destino final de obras y servicio de apoyo.

4.0.- Etapa de operación y mantenimiento

4.1.- Fecha de inicio de operaciones.

4.2.- Programa de operación: Descripción detallada de las operaciones que realiza la empresa, anexar diagrama de flujo.

4.3.- Requerimientos de personal (en la medida de lo posible, ser de la localidad). Cantidad total de personal que será necesario para la operación, especificando turnos.

4.4.- Materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso especificando sustancia, cantidad o volumen y concentración.

4.5.- Tipo de recipiente y/o envase de almacenamiento. Especificando características, tipo de recipiente, diámetro, capacidad y densidad máxima de llenado.

4.6.- Maquinaria y equipo (s). Presentar relación de maquinaria y equipo indicando para cada una: nombre y especificaciones técnicas, anexar plano de distribución de la maquinaria dentro del predio.

4.7.- Características de instrumentación y control. Debiendo incluir diagrama lógico de control y planos de tuberías e instrumentación.

4.8.- Métodos usados y bases de diseño en el dimensionamiento y capacidad de los sistemas de relevo y venteo, asimismo, se deberá incluir temperaturas y presiones extremas de operación.

4.9.- Medidas de seguridad adoptadas.

4.10.- Requerimientos de energía: Electricidad, indicar voltaje y fuente de aprovechamiento.

4.11.- Requerimiento de agua. Indicar tipo, cantidad y origen.

4.12.- Residuos: Indicar tipo de residuos que serán generados, especificando volumen diario o mensual, y destino final; descargas residuales; residuos sólidos (industriales, comerciales, domésticos); emisiones a la atmósfera, indicar tipo (s); factibilidad de reciclaje de los residuos que reporta.

4.13.- Niveles de ruido.

4.14.- Posibles accidentes y planes de emergencia. (Ver sección A.1).

5.0.- Etapa de abandono de sitio

5.1.- Estimar la vida útil.

5.2.- Presentar programa (s) de restitución del área.

5.3.- Planes de uso del área al concluir la vida útil del proyecto.

III.-ASPECTOS GENERALES DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO DEL ÁREA DONDE PRETENDA DESARROLLARSE LA OBRA O ACTIVIDAD

MEDIO NATURAL: Resaltando aquellos aspectos que se consideren importantes por el grado de afectación que provocará el desarrollo del proyecto, en su entorno inmediato, es necesario anexar una serie de fotografías que muestren el área del proyecto y su zona circundante.

1.0- Rasgos físicos

1.1.- Climatología. Tipos de clima: temperatura promedio, precipitación promedio anual (mm) e intemperísimos severos (frecuencia).

1.2.- Geomorfología y geología. Descripción de las características geomorfológicas de la zona más importante; así como las características del relieve y susceptibilidad a sismicidad, deslizamientos u otros movimientos de la tierra.

1.3.- Suelos. Tipos de suelos, composición del suelo y capacidad de saturación.

1.4.- Hidrología (rango de 0 a 5 km.). Principales ríos y arroyos más cercanos; embalses y cuerpos de agua (localización, volumen y usos); drenaje subterráneo; profundidad dirección y usos principales (agua riego, etc.).

2.0- Rasgos biológicos. Presentar la información de acuerdo a los alcances del proyecto *(sólo para zonas suburbanas o rurales)*.

2.1. Vegetación. Tipo de vegetación de la zona; principales asociaciones vegetales y su distribución; especies de interés comercial, endémicas y/o en peligro de extinción.

2.2.-Fauna. Características de la zona; especies de valor comercial; interés cinegético amenazadas o en peligro de extinción.

2.3.-Recursos naturales, valores estéticos y patrimoniales. Describir brevemente estos aspectos y mencionar cómo los modificaría la obra o proyectos a realizar.

2.4.-Responder las siguientes preguntas colocando si o no al final de éstas, si la respuesta es afirmativa explique en términos generales la forma en que el proyecto incurrirá en lo siguiente.

- ¿Es una zona de cualidades estéticas únicas o excepcionales (por ejemplo miradores sobre pasajes costeros naturales) ?._____
- ¿Está cercano a una zona donde hay hacinamiento?._____
- ¿Es o se encuentra cercano a un recurso acuático (lago, río, etc.)?_____
- ¿Es o se encuentra cercano a un lugar o zona de atracción turística?._____
- ¿Es o se encuentra cercano a un zona de recreo (parques, escuelas u hospitales)?._____
- ¿Es o se encuentra cercano a una zona de ecosistemas excepcionales?._____
- ¿Es o se encuentra cercano a una zona de pesquerías comerciales?._____
- ¿Se están evaluando otros sitios donde sería posible establecer el proyecto?._____
- ¿Cuáles son?._____
- ¿Se encuentra incluido el sitio seleccionado para el proyecto en un programa de planificación adecuado o aplicable (por ejemplo, el plan de ordenamiento ecológico del área)?.
- ¿Ha habido informes sobre contaminación del aire, de las aguas o por residuos sólidos debido a otras actividades en la zona del proyecto. ?._____
- ¿Existirá alguna afectación a los hábitats presentes. ?._____
- Describa en términos de su composición biológica, física y su grado actual de degradación.

MEDIO SOCIOECONÓMICO: Proporcionar la información referente a características sociales y económicas del sitio seleccionado y sus alrededores inmediatos, de acuerdo a la envergadura del proyecto.

3.0- Rasgos sociales

3.1.- Población. En forma concisa presentar información de los siguientes aspectos: población total y económicamente activa; salario mínimo vigente y nivel de ingreso per capita.

3.2.-Servicios. Mencionar si el sitio cuenta con los siguientes servicios: medios de comunicación (vías de acceso, indicando características y su distancia del predio.), y transporte; servicios públicos; centros educativos y de salud, vivienda y zonas de recreo.

3.3.- Actividades económicas. Agricultura (de riego, temporal u otras), ganadería (intensiva, extensiva u otra), industrial (extractiva manufacturera, de servicios, etc.,)

3.4.- Tipo de economía (autoconsumo, de mercado, etc.,)

3.5.- Cambios sociales y económicos que la obra y/o proyecto creará. Fuerza de trabajo de la localidad; servicio para la comunidad vivienda y servicios en general; sistema de servicios públicos y de comunicaciones; instalaciones o servicios de eliminación de residuos.

IV.- VINCULACIÓN CON LAS NORMAS Y REGULACIONES SOBRE EL USO DEL SUELO

Consultar a la secretaría de desarrollo social estatal, para verificar si el uso que pretenda darle al suelo es compatible con lo establecido.

Los elementos que deberán considerarse son:

- Plan director de desarrollo urbano del estado.
- Planes o programas de desarrollo urbano en el municipio
- Plan de ordenamiento ecológico estatal.

V.- IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Identificar y describir los impactos ambientales provocadas por el desarrollo de la obra o actividad durante las diferentes etapas, se puede utilizar la metodología que más convenga al proyecto.

VI.- RIESGO AMBIENTAL

1.0.- Antecedentes de riesgo del proceso.

1.1.- Incluir información sobre las diversas sustancias involucradas en el proceso, en lo relativo a Toxicidad, Explosividad: límite superior de explosividad (%), límite inferior de explosividad (%). Inflamabilidad: límite superior de inflamabilidad (%), límite inferior de inflamabilidad (%); Reactividad: clasificación de sustancias por su actividad química, reactividad con el agua y potencial de oxidación; Corrosividad: clasificación por su grado de corrosividad. Sustancias estables o inestables; Incompatibilidad; sustancia a evitar; descomposición de componentes peligrosos; polimerización peligrosa y condiciones a evitar.

1.2.- Determinar y jerarquizar los riesgos en áreas de transporte, almacenamiento, distribución y venta (en relación a transporte describir normas de seguridad).

1.3.- Describir los riesgos potenciales de accidentes ambientales por: fugas, derrame y explosión.

1.4.- Descripción de medidas de seguridad con que se cuenta para el control de eventos extraordinarios.

1.5.- Describir los dispositivos de seguridad con que se cuenta para el control de eventos extraordinarios.

1.6.- Descripción de normas de seguridad y operación para captación y traslado de: materias primas, productos y subproductos utilizados que se consideran tóxicos, inflamables, explosivos, etc.

1.7.- Descripción de rutas de traslado de sustancias que se consideren tóxicas, inflamables, explosivos, etc.

1.8.- Descripción del entrenamiento para capacitación del los operarios.

1.9.- Descripción de riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta, señalándole
área de afectación en un plano de localización a escala 1: 5000.

1.10.- Definición y justificación de las zonas de protección alrededor de la instalación.

1.11.- Respuesta a la lista de comprobaciones detallada de seguridad.

1.12.- Descripción de auditorías de seguridad.

1.13.- Planos de distribución de drenajes.

1.14.- Diagrama de la instalación del sistema de segregación de drenajes.
1.15.- Frecuencia de monitoreo de la calidad fisicoquímica biológica de los efluentes y parámetros analizados en los mismos.
1.16.- Tratamientos o disposiciones de los efluentes.
1.17.- Colectores o cuerpos de agua de descarga de sus efluentes.

VIII: CONCLUSIONES

Realizar una autoevaluación integral del proyecto, deberá hacer un balance impacto-desarrollo.

IX. REFERENCIAS

Indicar las fuentes que hayan sido consultadas.

Considerando las atribuciones de la Secretaría de Desarrollo Social, el cumplimiento de las disposiciones contenidas en la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Tamaulipas, y sus reglamentos, el interesado deberá presentar la veracidad de la información que se le requiere. En caso de encontrar falsedad en la información y/o cumplimiento la secretaría procederá a negar la autorización de la manifestación de impacto ambiental y/o aplicar sanciones correspondientes.

A.1 REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS DE RIESGO Y PLAN DE CONTINGENCIAS

DATOS GENERALES:

- Nombre y actividad de la empresa.
- Domicilio.
- Nombre del propietario de la empresa.
- Domicilio para recibir notificaciones.

UBICACIÓN DE LA EMPRESA:

- Domicilio del predio.
- Colindancia del predio (actividades de los predios colindantes).
- Vías de acceso.
- Superficie.

ANÁLISIS DE RIESGO:

Descripción por cada área que comprenda la estación de servicio de acuerdo a la clasificación dada por PEMEX.

RIESGOS EN LA ESTACIÓN DE SERVICIO:

De acuerdo a lo establecido por el sistema nacional de protección civil, clasificar los riesgos en relación a fenómenos naturales o provocados por el hombre, tales como:

1. Fenómenos geológicos.
2. Fenómenos químicos.
3. Fenómenos hidrometeorológicos.
4. Fenómenos socio-organizativos.
5. Fenómenos sanitarios.

CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS:

De acuerdo a las normas de PEMEX, realizar la clasificación de las áreas peligrosas de la estación de servicio.

PLAN DE EMERGENCIAS:

- Determinar las situaciones de emergencia y las acciones a emprender al presentarse cualquier fenómeno que se detecte.
- Contar con directorio de teléfonos de emergencia.
- Marcar en un croquis las áreas de riesgo.
- Sistema y equipos contra incendio.
- Ubicación de equipo contra incendio.
- Equipo de protección personal para fuego.
- Hidrantes (ubicación).
- 2 tramos de mangueras de 15 metros c/u.
- 2 trajes de acercamiento al fuego.
- 1 dosificador de línea.
- 1 cubeta de 20 litros.

“Prácticas apropiadas para disminuir los riesgos en el manejo de las gasolinas en estaciones de servicio”
Se terminó de imprimir en diciembre de 2001, en los Talleres Gráficos de México, Av. Canal del Norte N° 80, Col. Felipe Pescador, México, D.F. La edición en papel bond de 90 grs. en interiores y portada en cartulina sulfatada de 14 puntos, consta de 300 ejemplares más sobrantes para reposición.

Coordinación General de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres
Av. Delfín Madrigal No.665,
Col. Pedregal de Sto. Domingo,
Deleg. Coyoacán,
México D.F., C.P. 04360
www.cenapred.unam.mx