

00521
13

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE QUIMICA
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional

NOMBRE: Ariza Anzaldo Janet

FECHA: 27/02/03

FIRMA: [Firma]

"MAPA DE RIESGO POR MANEJO DE COMBUSTIBLES EN EL D.F."

TESIS MANCOMUNADA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N :
ARIZA ANZALDO / JANET
CHAVEZ GUTIERREZ MIGUEL



MEXICO, D. F.



EXAMENADO Y APROBADO EN
FACULTAD DE QUIMICA

2003

1



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE

EDUARDO MARAMBIO DENNETT

VOCAL

CELESTINO MONTIEL MALDONADO

SECRETARIO

MARÍA DEL RAYO SALINAS VAZQUEZ

1ER. SUPLENTE

RAMÓN E. DOMINGUEZ BETANCOURT

2º. SUPLENTE

VÍCTOR MANUEL LUNA PABELLO

Sitio donde se desarrollo el tema:

COORDINACION DE SEGURIDAD, PREVENCIÓN DE RIESGOS Y

PROTECCIÓN CIVIL

Edificio A 4º Piso

FACULTA DE QUÍMICA, UNAM

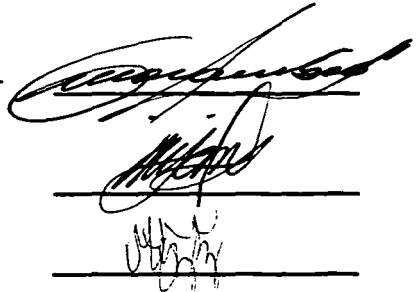
Asesor del tema:

M . en C. EDUARDO MARAMBIO DENNETT

Sustentantes:

ARIZA ANZALDO JANET

CHÁVEZ GUTIÉRREZ MIGUEL



Three handwritten signatures are present on the right side of the page, each written over a horizontal line. The top signature is large and cursive, the middle one is smaller and more compact, and the bottom one is the most compact and appears to be a stylized signature.

**A Eduardo Marambio por el apoyo que nos brinda y por permitirnos pertenecer a su
cámara de senadores**

A mi mamá por enseñarme a defender lo que creo y permitir que los demás tengan el mismo derecho, pero sobre todo por estar siempre que la he necesitado y apoyarme en cada locura

A mi papá por ser de esas personas que pese a cualquier eventualidad siempre se mantiene de pie y dispuesto a continuar, pero ante todo por confiar en mí

A Jahir que durante 21 años ha logrado ser un chico con el quien es inevitable bromear y también por los desayunos que le debo

A Missarai por que pese a las fricciones, hemos logrado saber que siempre estaremos ahí por si nos necesitamos, por aguantar mi genio y por Oaxaca

A mi Abue por quererme tanto y ver en mí a su niña de hace tantos años

A mis primos que me han contagiado su locura y que me han apoyado, Marisol y Roberto

A la Fam. Rojas por creer en mí, Sr. Miguel, Sra. Isabel y a su hijo Miguel

A Miguel por estar en los momentos más difíciles que he tenido y confiarme sus secretos para su próxima biografía

A los amigos que conocí en la Prepa 5 y que nos mantuvimos en la Fac., a las locas de Ana y Miriam, Miguel y Moisés

A los amigos de la Fac que tuve la suerte de conocer

A las de batalla y de reuniones, Ana, Alejandra, Indra y Toña

A los de clases, Pilar, Graciela, Ethel, Víctor Manuel, Yair, Israel, Edgar, Víctor R. Habbid, Arturo, Rodrigo C y Romeo

A Angélica por hacer agradable nuestra estancia en la coordinación

A Metal Líquido por todo lo que hicieron y por compartirlo conmigo

Gabriela, Enna y Carolina por enseñarme que nada es imposible

Humberto, Víctor y Rubén por las excelentes retas y por ser mis amigos

A los amigos de mis amigos por que he tenido la suerte de conocerlos, César T, César L, Ricardo y Efraín

A los de misiones por ver lo que han luchado, Arlette, Laila, Leonardo, Odin, Rodrigo O, Pablo y Rodrigo C

A Víctor por enseñarme a disfrutar la vida de otra forma y por que hemos aprendido que a veces se puede asistir a un concierto sin haberlo planeado y por sus preguntas indiscretas

"En el fondo son las relaciones con las personas lo que da sentido a la vida".

A mis padres:

Toto; Por lo mas importante que me has dado es la libertad de ser como soy, de nunca haberme dicho lo que tenia que pensar.

Pigui; Gracias por haberme protegido todos estos años, nunca voy a olvidar "el flojo siempre hace doble trabajo"

Mis hermanos:

Pico; Sin ti tal vez no hubiera llegado a terminar ni la primaria, esto es también tuyo.

Goye; Aunque no fui el hermano que hubieras querido te quiero mucho yo se que tu igual, gracias por ser el freno.

Mi familia:

No puedo quejarme he tenido siempre una familia muy divertida, a mis cuatro hadas Carmen, Dalila, Lumi , y Vicky, Mis primas que siempre han estado conmigo Coco, Angie, lili y Jeni (A), Mis primos Is, Paco, Richard y Jahir, Tias; Blanca, Rocio y Ines, A Fer y Alda (cachorros), Mis primos con los que también tuve buenos momentos Memo y Mireya, Paty, Areli, Juan y Marcos (y su familia), Mi tios Mireya y Emiliano, Tios; Pablo y Miguel Angel. Familias Gutiérrez, Castillo, Handam y Sánchez.

Mis amigos:

Maribel gracias por estar siempre conmigo, Adriana, Karla, Nancy, Olga (y las cortadas), Moisés (desde la prepa) has sido mi mejor amigo durante este tiempo gracias, El duo Lewis Anita y Miriam (bety) gracias por que no las pasamos bien los tres juntos. Las Dianas estas qfitas si me caen muy bien., Los ingenieros, Gracielita y Arturo, Pili, Italiano (mi sen sei), Ethel, Alejandra, Victor, Yako, Andres, Pablo (Chili) e Isela ha y a Wendy, A Elizabeth (por que no me cambie contigo a Química) y a los metaleros, Angelica por ser el apoyo en la coordinación. Al niño De La Torre (sabes de ti aprendí todo lo que me faltaba saber).

Maestros:

Sin duda al profesor Celestino Montiel, y Raul Valenzuela (Gracias a usted entendí mejor lo que quería hacer de mi vida)

Janet, por ser "la incondicional" (aunque no exactamente para mi). Gracias Janis.



Por ultimo a ti que fuiste a la primera persona que ame (E).
En la vida todos queremos tocar el cielo.

ÍNDICE

	PÁG.
INTRODUCCIÓN _____	7
CAPÍTULO 1 _____	11
1.1 DEFINICIONES _____	11
1.2 ESTIMACION DE RIESGOS _____	14
1.3 ALGUNOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE RIESGOS _____	15
1.4 EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS _____	32
CAPÍTULO 2 _____	36
2.1 ESTACIONES DE SERVICIO _____	36
2.2 PROGRAMA INTERNO DE PROTECCIÓN CIVIL _____	50
2.3 SISTEMAS DE RECUPERACIÓN DE COMBUSTIBLE _____	51
2.4 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS _____	56
2.5 ESTACIONES DE SERVICIO EN LAS DELEGACIONES _____	60
2.6 SIMULACIONES _____	67
2.7 AUTOCAD _____	69
RESULTADOS _____	70

CONCLUSIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXO 1	79
ANEXO 2	86
ANEXO 3	93

Introducción

La ciudad de México tiene una población de más de 20 millones de habitantes, en una área de 1483 Km², a diario para que sus pobladores desarrollen sus actividades, es necesario el transporte de las mismas, por lo cual es necesaria la distribución de combustibles a nivel de la población, el consumo de dichas substancias es de 44 millones de litros diarios (7).

La distribución de combustible a la población civil se realiza mediante estaciones de servicio localizadas aleatoriamente en diferentes puntos de la ciudad, en este caso son consideradas las que se encuentran en el D. F.

Es un hecho conocido que el manejo de combustibles implica una probabilidad de que se susciten accidentes que pueden llegar a perjudicar en diferente grado a la población civil y su entorno, por esta razón que nace la inquietud de realizar un análisis de dichos sucesos que permita conocer las posibles causas y en la medida posible evitar nuevos accidentes mediante el desarrollo y aplicación de metodologías de prevención de accidentes y minimización de consecuencias, ahora conocidas como programas de estimación y manejo de riesgos.

En la ciudad de México existen alrededor de 341 estaciones de servicio que manejan combustible(8), cualquiera de ellas en algún momento podría presentar un accidente de consecuencias mayores, es por eso que se ha insistido en el interés por actualizar y difundir un mapa de riesgos por manejo de combustibles en el D. F. con el objeto de señalar una zona de probable afectación en caso de un accidente mayor.

Por lo expuesto anteriormente el objetivo fundamental para la realización de la presente tesis, consiste en la elaboración de un mapa de riesgos por manejo de

combustible en el D.F. que puede llegar a ser un auxiliar para poder señalar las zonas de mayor afectación en caso de un siniestro y una invaluable ayuda para una pronta respuesta por parte de los grupos de emergencia del D.F.

Este trabajo al integrarse al mapa de riesgos que tiene un organismo oficial, permitirá evaluar otros peligros potenciales a la población, y determinar cuales son los lugares idóneos para la colocación de albergues, la ubicación de los centros de atención de emergencias más cercanos, las rutas alternativas, las áreas de evacuación, etc.

Para el presente trabajo se consideraron dos programas conocidos como ARCHIE y ALOHA que por sus características son simuladores elaborados y difundidos por EPA (USA), ya que, ambos permiten manejar un escenario adecuado que se asemeja en gran medida a la realidad y por tanto presentan resultados que son útiles para los fines deseados. Deben considerar que ambos programas presentan distintas limitantes, por ejemplo; El ALOHA es utilizado para modelos de dispersión aérea. En cambio el ARCHIE tiene un enfoque integral

La tesis está formada por introducción, dos capítulos, resultados y conclusiones. El primer capítulo "Antecedentes" es un compendio de definiciones que tiene por objeto mostrar las herramientas necesarias para iniciar una simulación y realizar un buen manejo de datos, así como, fomentar el desarrollo de la cultura de la seguridad industrial con un enfoque preventivo. Por lo antes mencionado es necesario conocer la manera adecuada de determinar un peligro, de evaluar sus posibles consecuencias y así, conocer el riesgo existente; pudiendo prevenir un accidente al desarrollar un manejo adecuado del riesgo, lo cual implica aplicar medidas para disminuir el riesgo, ya sea realizando modificaciones al proceso o aumentando las medidas de protección personal.

En este capítulo también, se explica porque ARCHIE se consideró como programa de simulación, la manera en la que se puede trabajar con el programa

para obtener resultados creíbles además de sus limitaciones y beneficios. También se mencionan los modelos con los que el programa trabaja, que datos requiere y que datos proporciona.

ALOHA es el nombre del otro simulador, en este capítulo también se describe el programa de simulación "ALOHA", la forma en la que se puede trabajar con el programa para obtener resultados adecuados y así como sus limitaciones y beneficios. Se habla también de los modelos con los que el programa trabaja, los datos que requiere y los que se proporcionan.

En el segundo capítulo se presentan los datos de inventarios y las ubicaciones de las gasolineras, así como sus características y normatividad, dicha base de datos fue proporcionada por la Dirección General de Protección Civil del D. F., se incluye también el manejo de datos que se agregan a los mapas que se realizarán con el programa AUTOCAD y en donde se presentarán las áreas de afectación en caso de un accidente por manejo de combustible.

Para una correcta evaluación de un peligro se seleccionará la técnica adecuada, tomando en cuenta los recursos económicos, materiales y humanos con los que se cuenta, el tiempo requerido para entregar los resultados y principalmente cuáles son los objetivos de realizar dicha evaluación.

Evaluar las posibles consecuencias de un peligro implica elegir el mejor método de simulación, esto involucra conocer el escenario a simular, las sustancias involucradas, sus propiedades y qué ecuaciones determinan su comportamiento físico-químico. El paquete debe simular lo mejor posible las condiciones reales. Es importante determinar cuál será el evento más probable y cuál sería el riesgo mayor, antes de realizar la simulación, de lo contrario podrían no lograrse los objetivos del estudio. Un paquete de simulación proporcionará tan buenos resultados como fidedignos sean los datos introducidos, y la experiencia de la persona que realiza la simulación, esto lo observaremos en el capítulo 2.

El mapa realizado es un primer paso para una cultura de prevención y de pronta respuesta en caso de una emergencia química, pero como buen inicio debe así tener una actualización constantemente para que pueda llegar a ser una herramienta poderosa que pueda integrarse a los diferentes mapas de riesgo existentes en el D. F.

Capítulo 1

En el presente capítulo se dará una breve descripción de los programas elegidos, cómo están integrados, cómo se manejan y qué resultados proporcionan.

Un programa de manejo y estimación de riesgos, se implementa en la gerencia de la empresa y es una filosofía y forma de actuar en pro de la seguridad integral de la empresa y de las personas que laboran en ella.

Los accidentes dependen, en gran medida de la desviación, de la presión, temperatura y volumen a la cual se almacenan las sustancias peligrosas; aunadas a fallas en las condiciones de operación, mantenimiento de los equipos, sistemas de control, seguridad, capacitación; cuyo origen, por lo general son deficiencias en el sistema de administración de la empresa.

La importancia de los programas de manejo y estimación de riesgos se hace evidente cuando se presenta un accidente, el estudio de ellos ha permitido mejorar e implementar nuevas formas de llevar a cabo estos programas.

En el presente documento se usan algunos términos que necesitan ser manejados de forma adecuada, razón por la cual se dan algunas definiciones pertinentes.

1.1 Definiciones (3)

Accidente: Es cualquier evento no deseado que causa un daño material o humano.

Incidente: Evento no deseado que podría causar algún daño.

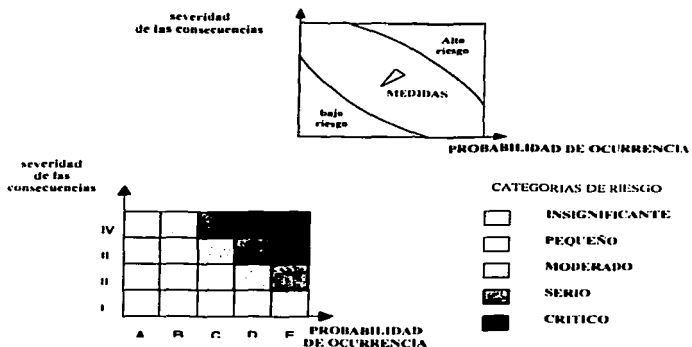
Consecuencia: El resultado de un evento.

Peligro: Situación potencial inherente a cada objeto o persona que pueda o no causar un daño material o físico.

Riesgo: Es el producto de la probabilidad de que ocurra un suceso por la magnitud de sus consecuencias $R = P \times C$

Diagrama de riesgo:

El siguiente diagrama nos ayuda para clasificar un evento, tomando en cuenta su probabilidad de ocurrencia y la severidad de sus consecuencias.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CATEGORÍAS DE CONSECUENCIA		CATEGORÍAS DE FRECUENCIA		
Categoría de la consecuencia	Descripción	Categoría	Frecuencia de ocurrencia	Descripción
I. insignificante	No hay degradación mayor en el sistema, daños insignificantes que no representan riesgo	A- muy raro	$f < 10^{-4}$	Ocurrencia teóricamente posible, pero técnicamente improbable
II. marginal	Degradación moderada del sistema, con consecuencias que pueden ser controladas	B - raro	$10^{-3} > f > 10^{-4}$	No se espera que ocurra durante la vida útil de la planta
III. crítica	Se degrada el sistema y los daños causados representan un riesgo inaceptable	C- eventual	$10^{-2} > f > 10^{-3}$	Probablemente ocurra durante la vida útil de la planta
IV. catastrófica	Severa degradación del sistema o ambiente, pérdidas económicas y humanas graves	D- probable	$10^{-1} > f > 10^{-2}$	Se espera que ocurra una vez durante la vida de la planta
		E- frecuente	$f > 10^{-1}$	Es posible que ocurra mas de una vez durante la vida de la planta

Sustancia peligrosa: Es todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades.

Material peligroso: Son aquellas sustancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conforman la carga que será transportada por las unidades.

Dispensario: Módulos de despacho de combustible (Pemex).

1.2 Estimación del riesgo

Al realizar un método de estimación del riesgo, primero se deben definir las metas del estudio. Después se realiza la identificación de peligros, la evaluación de consecuencias, la estimación de las probabilidades y la evaluación del riesgo. Es necesario notar que para evaluar diferentes procesos, se requiere de un equipo interdisciplinario de técnicos y/o especialistas.

La estimación del riesgo se realiza sobre un escenario o situación y se pregunta ¿qué puede ir mal, por qué, qué tan malo puede ser y qué podemos hacer al respecto?

Se dice que el riesgo es una función natural del peligro, de la accesibilidad al contacto o exposición potencial, de las características de los receptores, de la manera en que ocurre y la magnitud de la exposición y sus consecuencias. Una vez que el análisis de consecuencias ha sido definido, se evalúan las probabilidades de ocurrencias o frecuencias de los accidentes. Métodos estándares como el análisis por árbol de fallas o el árbol de eventos pueden ser

usados. La información básica para la estimación de probabilidades es la frecuencia de los eventos manejados.

Un análisis de peligro es un método sistemático de análisis para identificar y evaluar los peligros potenciales asociados con sistemas y procesos.

Debido a que los errores humanos causan la mayoría de los accidentes, éstos se deben de incluir en los análisis de peligro. Se estima que el 10% de estos accidentes son causados por estado emocional, salud o negligencia, el resto de los accidentes son causados principalmente por influencias externas como procedimientos deficientes, manejo inefectivo, supervisión inadecuada, poco conocimiento del equipo, ambiente de trabajo e insuficiente personal. Los métodos de análisis de peligros donde se puede incluir el error humano son "Check list analysis", "What if analysis", "Failures modes and effects analysis", y "Hazop".

1.3 Algunos métodos de evaluación de riesgos

1.3.1 Árbol de Fallas – FTA (Fault Tree Analysis)

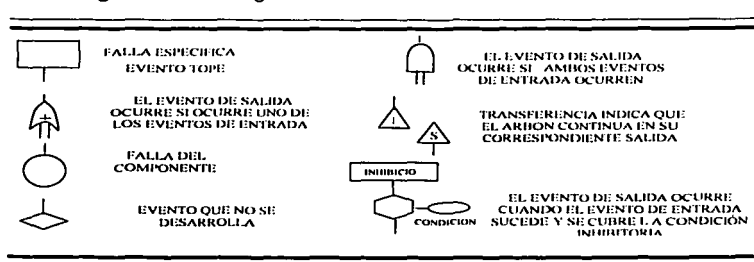
Es una técnica deductiva y gráfica que estudia un accidente en particular (evento tope) y construye un diagrama lógico de la secuencia de todos los eventos accidentales concebibles (mecánicos o humanos) que puedan originar el evento tope. Analiza eventos peligrosos identificados por otra técnica. Está formado por diagramas lógicos con combinaciones de fallas y/o errores que pueden resultar en accidentes específicos.

Consiste en:

- a) Identificar el evento tope y colocarlo en la parte superior del árbol.
- b) Identificar las fallas que pueden llevar al evento tope y colocarlas como ramas inferiores.

- c) Determinar la interacción lógica entre los subsistemas que puedan causar el evento tope.
- d) Usar la compuerta "Y" y "O" para mostrar las interacciones de las fallas.
- d) Seguir con el nivel inferior desde los inciso b) a d) hasta identificar los eventos base.

Utiliza la siguiente simbología:



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.3.2 ALOHA

Existen diferentes tipos de modelos de dispersión en aire, la resolución de los mismos puede ir desde una resolución de ecuaciones simples hechas a mano hasta por modelos complejos que requieren de un gran número de datos y poderosos equipos de cómputo. El modelo apropiado para un determinado caso depende de la magnitud del problema, la cantidad de datos que se requieren ingresar así como de los que se requieren obtener, los antecedentes y del tiempo que se tiene para que el modelo genere las respuestas deseadas.

Otro programa empleado en la presente tesis es el ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres). El ALOHA es un modelo de dispersión en aire, el cual puede ser usado como herramienta para predecir el movimiento y la

dispersión de vapores. Con este programa se puede determinar la concentración del contaminante desde la fuente del derrame, considerando las propiedades fisicoquímicas del material derramado. Este programa tiene como ventajas que puede resolver problemas de forma rápida y proporcionar resultados gráficos de formato fácil de usar así como también puede ser de gran ayuda para poder actuar y tener un plan acorde en un caso de emergencia. Debe tenerse en cuenta que este programa es tan solo una herramienta y que su utilidad depende en gran medida de la interpretación de los datos.

ALOHA tiene la capacidad de predecir el área de afectación más probable en un tiempo T de un producto químico a la atmósfera producidos por ruptura de tuberías, filtración en tanques y por formación de charcos. Con todo esto es posible determinar si la formación de una nube de gas en la atmósfera puede llegar a causar un "accidente químico".

El programa cuenta con una biblioteca de alrededor de 1000 productos químicos en donde se incluyen las propiedades fisicoquímicas de dichas sustancias. El compromiso del programa al ser creado era el de ser lo bastante rápido y preciso para poder ser una herramienta accesible y confiable para hacer uso de ella en cualquier accidente por sustancias químicas y que la respuesta a tal emergencia sea la más adecuada. La ventaja que presenta este programas es que minimiza los errores del operador al marcar si se esta creando alguna incongruencia que no permita tener resultados reales.

¿Cómo se utiliza?

Para utilizar correctamente el programa se deben de conocer los parámetros que requiere, por lo que se va a exponer de manera breve como se conduce el programa. El programa nos indica cuando un modelo escogido es inapropiado o inconsistente, aun así es necesario utilizar el sentido común para cada etapa del análisis a fin de que el escenario escogido sea razonable y consistente.

- Indicar la ciudad en que se presenta el accidente
- Indicar el tipo de construcción en que se suscita el accidente
- Registrar la fecha y la hora del suceso
- Escoger la sustancia en la biblioteca del programa
- Ingresar información acerca de las condiciones climáticas. Estos datos pueden ingresarse al programa de dos formas:
 - que el usuario proporcione los datos que solicita el programa
 - que ALOHA reciba información de un centro meteorológico
- Describir en que forma se está escapando la sustancia química de su contenedor:

Directa

Requerimientos

- Masa o volumen del contaminante
- Indicar si la descarga es instantánea o continua
- Ingresar el dato de cuanto contaminante se va directo a la atmósfera
- La altura de la fuente

Resultados

- Solicitar al programa la opción **footprint** que muestra gráficamente el área en la que la concentración es peligrosa para el ser humano

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

-Indicar la dirección en la que desea que se evalúe la concentración.

Alberca

Requerimientos

- Ingresar el dato del área del charco
- Indicar la cantidad de contaminante que se descarga
- Marcar el tipo de terreno en el que se encuentra la alberca
- Indicar la temperatura del terreno
- Indicar la temperatura de la alberca

Resultados

- Solicitar al programa la opción **footprint** que muestra gráficamente el área en la que la concentración es peligrosa para el ser humano
- Indicar la dirección en la que desea que se evalúe la concentración.

Tanque

Requerimientos

- Seleccionar el tipo y la dirección del tanque
- Indicar las dimensiones del tanque
- Indicar el estado en el que se encuentra la sustancia que contiene el tanque, ya sea líquida o gaseosa
- Ingresar la temperatura del tanque
- Ingresar la masa o el volumen del contaminante contenida en el tanque
- Indicar la forma en que se presenta el escape del contaminante
- La altura a la que se encuentra la ruptura
- Marcar el tipo de terreno en el que se forma la alberca
- Indicar la temperatura del terreno
- Indicar el valor máximo del área o el diámetro que puede llegar a presentar

la formación de una alberca

Resultados

- Solicitar al programa la opción **footprint** que muestra gráficamente el área en la que la concentración es peligrosa para el ser humano
- Indicar la dirección en la que desea que se evalúe la concentración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3.3 ARCHIE

ARCHIE (Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation) Recurso Automatizado para la Evaluación de Incidentes Químicos Peligrosos.

Es un programa de estimación de consecuencias desarrollado en Estados Unidos por Federal Emergency Management Agency (FEMA), Department of Transportation (DOT) y Environment Protection Agency (EPA) con Microsoft Corp. 1982-1986.

ARCHIE permite calcular la magnitud de los flujos de fuga, la evaporación de un líquido en un derrame, la dispersión de un gas, el fuego de un líquido inflamable derramado, fuego en chorro (jet fire), bola de fuego (fire ball), BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions) y explosiones de nubes de vapor originados por un accidente con materiales químico peligrosos.

Los procedimientos utilizados en ARCHIE son versiones simplificadas de métodos avalados por expertos en la materia, por lo que las respuestas son lo suficientemente confiables como para generar un plan de respuesta. Los resultados obtenidos por ARCHIE sobrestiman el peligro, por lo que es de gran ayuda la experiencia del usuario y el conocimiento de las propiedades de los productos químicos involucrados para realizar la mejor estimación de los resultados, así como la correcta interpretación de las simulaciones realizadas.

Metodología del programa.

Para utilizar correctamente el programa se deben de conocer los parámetros que requiere, por lo que se va a exponer de manera breve como se conduce el programa. Este nos indica cuando el modelo escogido es inapropiado o inconsistente, aun así es necesario utilizar el sentido común para cada etapa del análisis a fin de que el escenario escogido sea razonable y consistente.

Al iniciar el programa aparece un menú principal donde se tienen las siguientes opciones:

A	Empezar procedimiento asistido para un nuevo escenario con un material peligroso
B	Modificar un escenario de accidente previo
C	Imprimir un escenario y la evaluación
D	Descripción del menú
E	Cambiar configuración del sistema
F	Terminar sesión

Para crear un archivo nuevo se selecciona la opción A

En ella debemos de completar los siguientes datos, independientemente del modelo a simular:

Nombre al archivo
Material peligroso involucrado
Localización del incidente
Latitud
Longitud



Fecha

Descripción del incidente o escena

Responder a la pregunta ¿es inflamable o combustible?

Después aparece el menú de selección de modelo de análisis, donde seleccionamos el modelo a emplear, se anexa al menú una breve descripción, parámetros requeridos y resultados proporcionados.

A Estimación del flujo de descarga de un líquido o un gas

Sistema de 9 procedimientos para estimar el flujo y duración de un derrame bajo diferentes condiciones. Con 3 modelos diferentes:

-Tanques no presurizados que contienen líquidos

-Rectangular

-Esférico

-Cilindrico vertical

-Cilindrico horizontal

*Tanques presurizados que contienen gas y/o líquido

*Fuga del líquido cuando el orificio está a 4 in del tope del tanque

*Fuga del líquido cuando el orificio está a más de 4 in del tope del tanque

Fuga de gas de cualquier tanque

Fuga en una tubería

Cuando contiene líquido a presión

Cuando contiene gas a presión

Requerimientos :

Punto de ebullición normal

Temperatura del líquido en el contenedor

Temperatura ambiente

Peso del contenido (SUB PROGRAMAR DE CALCULO 1)

Conocimiento de la cantidad, altura o porcentaje del líquido contenido

Características del contenedor (diámetro, largo, alto, etc.)

Diámetro del orificio de salida

Coefficiente de descarga (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Permite decidir el tiempo de derrame

Para 5,6,7 presión en el contenedor (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)

Para 7 y 9 radio específico térmico, C_p/C_v (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Para 8 y 9 largo y diámetro de la línea, altura del líquido en la línea, presión y flujo en la línea, tiempo de fuga, se tiene opción de ruptura total en los extremos de la línea o en cualquier otro punto. (Los números se refieren al submenu del programa)

Resultados:

Flujo de descarga del líquido

Duración de la descarga

Cantidad descargada

Estado del material al ser descargado

B

Estimación del área de derrame

Estiman el área de evaporación o incendio de charcos formados por derrames de líquidos

Requerimientos :

Punto de ebullición normal

Temperatura del líquido en el contenedor

Temperatura ambiente

Área del contenedor

Peso molecular del líquido
Gravedad específica del líquido
Presión líquido / vapor (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)
Velocidad del viento (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Tiempo de derrame
Flujo de la descarga
Permite elegir si existe un área de confinamiento y la calcula o la proporciona el usuario
En caso de que el líquido sea inflamable calcula el área de fuego para 2 casos: que se incendie inmediatamente o que se incendie por una fuente externa

Resultados:
Área máxima creíble de derrame y en su caso área de incendio

C Estimación de flujo de evaporación del líquido de un derrame

Estima el flujo que se evapora de un líquido derramado, se requiere el área de evaporación determinada por el tamaño del charco formado, calculado con **B**

Requerimientos :
Punto de ebullición normal
Temperatura del líquido en el contenedor
Temperatura ambiente
Peso molecular
Gravedad específica
Presión del líquido (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)
Área de evaporación
Peso del líquido que se derrama (SUB PROGRAMA DE CALCULO 1)

Estabilidad atmosférica (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)
Velocidad del viento (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Resultados:

Flujo de evaporación

Duración de la evaporación

D **Evaluación de la dispersión de vapores tóxicos**

Analiza la dispersión de gases o vapores tóxicos a la atmósfera, utiliza la opción B y/o C

Requerimientos :

Temperatura ambiente

Peso molecular

Toxicidad (límite de toxicidad permitido), puede utilizarse el IDLH (otras dosis a las cuales se tenga malestares a los seres vivos) Inmediatamente

Peligroso para la Vida y la Salud (por sus siglas en inglés)

Altura a la que se descarga

Estabilidad atmosférica (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Velocidad del viento (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Flujo de la emisión

Duración de la emisión

Resultados:

Proporciona una tabla de distancia contra concentración tóxica al nivel del piso y al de la fuga, evacuación inicial sugerida (usualmente segura cuando la fuga es menor a una hora), tiempo de llegada y salida del contaminante; utiliza alguno de los programas anteriores, según sea el caso.

El método supone que la descarga es finita, es solo por un punto, es constante; el terreno es plano, las condiciones atmosféricas son constantes, solo se liberan gases o vapores.

E Evaluación de peligros de radiación por fuego en un charco

Se utiliza para evaluar las zonas en las cuales la muertes y quemaduras de segundo grado son posibles si un charco con líquido inflamable se prende. Utiliza la opción **B**.

Requerimientos :

Peso molecular

Gravedad específica

Punto de ebullición normal

Área de incendio del charco.

Resultados:

Radio del charco ardiendo

Altura de la flama

Radio de la zona fatal

Radio de la zona de lesiones

F Evaluación de peligros de radiación de una bola de fuego

Evalúa zonas fatales, de lesiones y otras características resultantes de una bola de fuego provocada por un contenedor cerrado o por un líquido inflamable o un gas comprimido, envuelto en fuego. Esencialmente se enfoca a los peligros por radiación térmica de un BLEVE. El modelo no contempla los efectos de los fragmentos que son lanzados y que deben de considerarse como proyectiles a alta velocidad.

Requerimientos :

Peso del material inflamable en el contenedor

Resultados:

Diámetro máximo de la bola de fuego

Altura máxima de la bola de fuego

Duración máxima de la bola de fuego

Radio de la zona fatal

Radio de la zona de lesiones

G Evaluación de un flame jet o incendio de chorro

Provocado por gases inflamables venteado de un contenedor a presión que puede formar un chorro largo de fuego si se prende.

Requerimientos :

Punto de ebullición normal

Temperatura del líquido en el contenedor

Temperatura ambiente

Diámetro del orificio de salida

Presión en el contenedor (SUBPROGRAMA DE CÁLCULO 2)

Radio específico térmico, C_p/C_v (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Peso molecular

**LFL – Límite Inferior de Inflamabilidad (Lower Flammable Limit)
(PROPORCIONAR INFORMACIÓN)**

Resultados:

Altura de la flama

Distancia de separación segura

H Evaluación de peligro de fuego en una nube o pluma de vapor

La ignición de una nube o pluma de gas o vapor inflamable en el aire puede generar fuego tipo flash o una explosión. El programa utiliza los resultados de los modelos de flujo de descarga directa a la atmósfera o de los modelos de evaporación de un charco en caso de que haya evaporación de líquidos derramados.

Requerimientos :

Punto de ebullición normal

Peso molecular

Temperatura del líquido en el contenedor

Temperatura ambiente

Estabilidad atmosférica (PROPORCIONAR INFORMACION)

Velocidad del viento (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Duración de la emisión

Flujo de la emisión (información obtenida de otro modelo)

LFL – Limite Inferior de Inflamabilidad (Lower Flammable Limit)
(PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Resultados para concentraciones de $\frac{1}{2}$ LFL y 1 LFL:

Distancia de peligro viento abajo

Peso del gas en la nube

Densidad relativa vapor / aire inicial

Modelo usado para el análisis (heavy gas o gaussiano, dependiendo de la densidad del gas)

A $\frac{1}{2}$ LFL puede incendiarse la nube y a 1 LFL puede explotar

I

Evaluación de peligro de explosión de una nube de vapor

La ignición de una nube o pluma de vapor en el aire puede resultar en la explosión de una nube no confinada. Utiliza el modelo H. Nótese que el

centro de la explosión puede estar en cualquier parte de los límites de la nube. Una pluma con menos de 1000 lb de vapor es improbable que explote, a menos que se encuentre confinada.

Requerimientos :

Peso del gas o nube de vapor explosivo, se calcula del área de derrame, de evaporación o del flujo de descarga

LHC – “ Lower Heat of Combustion del material” (similar al ΔH de combustión)

EYF – “ Explosion Yiel Factor” (PROPORCIONAR INFORMACIÓN)

Ubicación de la explosión: a nivel del suelo o a una altura específica.

Resultados en daños vs. distancia medidos del centro de la explosión:

Ruptura ocasional de ventanas grandes por la vibración

Algunos daños a fachadas, 10% de ventanas rotas

Ventanas estrelladas, algunos daños a estructura

Demolición parcial de hogares o los hace inhabitables

Daño a personas por objetos proyectados, vidrios

Colapso parcial de paredes y pisos

Paredes destruidas de concreto no reforzado o bloques

90-1% de ruptura de tímpanos de la población expuesta

50% de destrucción de casas de ladrillo

Estructuras afectadas de construcciones

Estallan utensilios (astas) de madera

Cercana a la completa destrucción de casas

Probable destrucción total de construcciones

Rango de 99-1% de muertes de población expuesta a los efectos directos de la ráfaga

J

Evaluación de peligros generados por la ruptura de un tanque a sobrepresión

Cualquier contenedor que este sobrepresurizado por una reacción interna o por sobrecalentamiento puede romperse violentamente. El modelo contempla los efectos mas no los resultados de los impactos de fragmentos proyectados del contenedor.

Requerimientos :

Punto de ebullición normal

Temperatura del líquido en el contenedor

Temperatura ambiente

Peso molecular

Gravedad especifica

Tipo de contenedor

Dimensiones del contenedor

Presión de ruptura del contenedor

Volumen del líquido contenido

Radio específico térmico, Cp/Cv (PROPORCIONAR INFORMACIÓN

Resultados:

Tabla similar al modelo I (PAG. 29)

K

Evaluación de la explosión de sólido o líquido

Este modelo de explosión está diseñado para evaluar los efectos de materiales altamente explosivos como la dinamita, TNT, nitroglicerina y sustancias similares.

Requerimientos :

LHC - Lower Heat of Combustion del material (similar al ΔH de combustión)

Peso del material

Resultados:

Tabla similar al modelo I (PAG. 29)

L DESCRIPCIÓN DE MODELOS

M Revisión de selección de modelos

N Retorna al menú principal

Subprogramas de ayuda

Subprograma 1

Permite calcular el peso del material o el volumen del contenedor.

Requerimientos :

Forma del tanque o contenedor

Longitud, altura, ancho y o diámetro del contenedor

Peso molecular del material

Punto normal de ebullición

Presión de vapor

Temperatura del material

Temperatura ambiente

¿Contiene líquido el tanque?

Gravedad específica

Es necesario indicar si se conoce la cantidad de líquido, su porcentaje o su altura dentro del contenedor, en caso de que no se conozca se asume el 100% de llenado.

Subprograma 2 Permite calcular la presión de vapor

Requerimientos : El usuario proporciona las presiones de vapor requeridas a las temperatura requeridas

Se proporcionan algunas presiones de vapor y otros datos para que el programa calcule la presión de vapor a la temperatura requerida.

El usuario proporciona los coeficientes de la ecuación de Antoine del material.

El programa no proporciona gráficas, si se requieren gráficas, el usuario deberá realizarlas, simulando el incidente a diferentes condiciones según sea el caso

1.4 Evaluación de consecuencias.

Una vez realizada la identificación de peligros, se inicia la evaluación de consecuencias de los diferentes posibles escenarios de accidentes. Un análisis de consecuencias incluye para cada tipo de evento:

- Una estimación del monto de la fuga expresada usualmente en flujo de fuga.**
- La datos de los efectos del viento sobre la fuga expresada en términos de radiación, concentración o sobrepresión vs distancia**
- Un estimado de la aproximación de la magnitud del impacto a la población circundante en la planta y fuera de ella y al ambiente.**
- No es necesario incluir como parte del análisis de consecuencias la frecuencia o probabilidad de que un evento ocurra, ni el estimado de pérdidas.**

Para implementar un análisis de consecuencias se necesita:

- Estimar la cantidad potencial que puede fugarse usualmente expresada como flujo;
- Estimar los efectos del viento, expresados como concentración vs distancia para tóxicos e inflamables, efectos de calor por ignición o nubes inflamables y efectos de ondas de presión para sustancias explosivas y
- Estimar el impacto sobre la población circundante y ambiente.

Se adiciona una lista de los posibles escenarios, sus consecuencias y/o recomendaciones para un accidente en un proceso químico.

ESCENARIO	COMENTARIO
BLEVE	Explosión de líquido en ebullición con vapores en expansión. Puede ocurrir con cualquier gas o líquido almacenado a presión mayor que la de su punto de ebullición
Contaminación de edificio o estructura	Causa un alto costo en tiempo y dinero
UVCE	Explosión de una nube no confinada de vapor. Destrucción total de una estructura cerrada, es posible con solo una fuga de unos pocos cientos de libras de un líquido inflamable
Fish kill	La contaminación ambiental origina penalizaciones y multas
Fuga de sólidos inflamables	Los polvos de magnesio y aluminio son inflamables
Proyectiles	Las explosiones de recipientes producen proyectiles grandes
Sobrecarga, flamas o	Una reacción fuera de control puede generar

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

sistemas no adecuados	derrame de material que sobre pase a los sistemas de emergencia
Charco de fuego	Cautela con los tanques de almacenamiento con salidas en el fondo
Ruptura de tuberías	Largas fugas de material inflamable han ocurrido en el pasado. Tener un plan de paro de emergencia
Fuga de materiales pirofosfóricos	Existen productos químicos que se prenden al contacto con el aire
Generación de fragmentos punzantes	La explosión de un contenedor o una tubería puede producirlos y dañaran a otro equipo cercano
Fuego en estructura o edificios	Puede destruir sistemas de respaldo de seguridad. Se requiere de un plan adecuado de protección contra incendio
Fuga de vapor tóxico	La dispersión por el viento puede dañar a la comunidad
Fuga de líquido tóxico	Checkar un contenedor de derrame
CVCE	Explosión de nube de vapor confinada. Reacciones secundarias pueden dañar estructuras muy lejanas
Ruptura de recipientes	Es posible con grietas a bajas temperaturas y presiones

Después de un estudio de riesgo se puede ver que se tienen muchos parámetros y casos que manejar, lo que podría dar un número gigante de situaciones a analizar, por lo que es necesario que se apliquen juicios expertos para reducir el número de casos hasta hacer un número manejable y entendible. Todos los criterios aplicados para reducirlos se deben documentar e incluir en el reporte final. Pueden suceder una o varios eventos simultáneos o como consecuencias uno de otro. Algunas de las consecuencias se consideran triviales por lo que su atención no es prioritaria. Estas se consideran triviales si es que no se han presentado históricamente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Los accidentes que originen consecuencias no significantes se deben eliminar de un estudio. Las secuencias de accidentes que no lleven a las metas de estudio también serán descartadas. Las secuencias de accidentes cuyas consecuencias se minimizan con cambios simples en el equipo, instrumentación o procedimientos, también deben eliminarse. Se debe tener la visión de reducir el número de secuencias de accidentes, para no realizar más evaluaciones cuantitativas de las necesarias. Los cambios necesarios en el sistema y cualquier peligro mayor que se detecte en el estudio debe de documentarse perfectamente. La documentación es parte de las suposiciones y exclusiones del reporte final.

Capítulo 2

2.1 Estaciones de servicio.

Una Estación de Servicio Urbana es un establecimiento destinado para la venta de gasolinas y diesel al público en general, así como a la venta de aceites y otros servicios complementarios.

A continuación hablaremos de las partes más importantes de las gasolineras en zonas urbanas y sus recomendaciones generadas por Franquicias PEMEX (Fig. 1).

Dispensarios

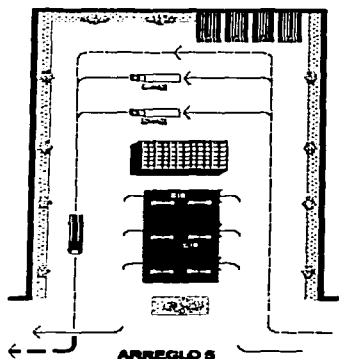
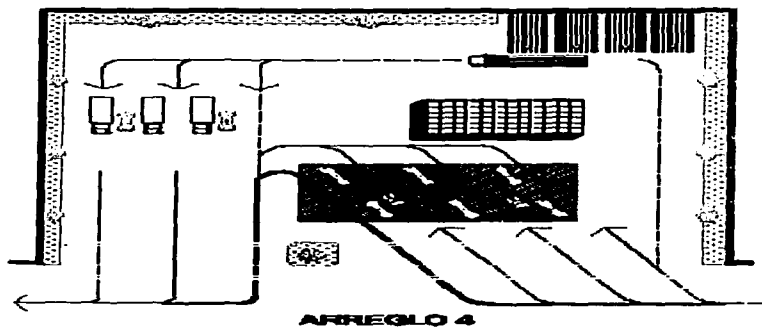
Los Módulos de Despacho de Combustible (dispensarios) son donde los vehículos se abastecen del combustible y se clasifican en:

- a) Sencillos: Pueden destinarse para el despacho simultáneo a dos vehículos automotores de gasolinas o de combustible diesel en áreas independientes.
- b) Dobles: Están constituidos por dos módulos sencillos que dan servicio simultáneo a cuatro vehículos automotores para despacho de gasolinas exclusivamente Fig.2

Especificaciones

Distancias mínimas: Los módulos de abastecimiento, para funcionar con el máximo de seguridad y operatividad, guardarán distancias mínimas entre éstos y los diversos elementos arquitectónicos que conforman la Estación de Servicio.

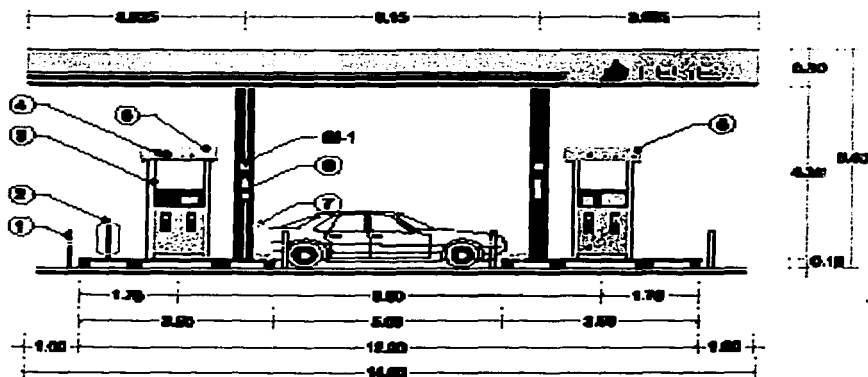
Fig. 1 Ejemplos de algunos arreglos



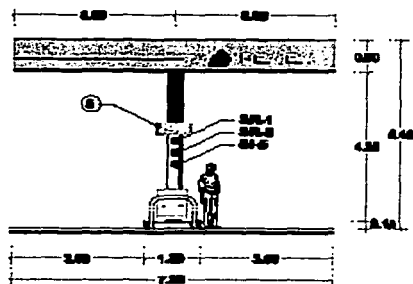
- Despacho gasolinas
- Despacho de diesel
- Edificio
- Zona de tanques
- Areas Verdes
- Estacionamiento
- Circulación de vehiculos
- Circulación de autotanque

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fig. 2 Dispensario.



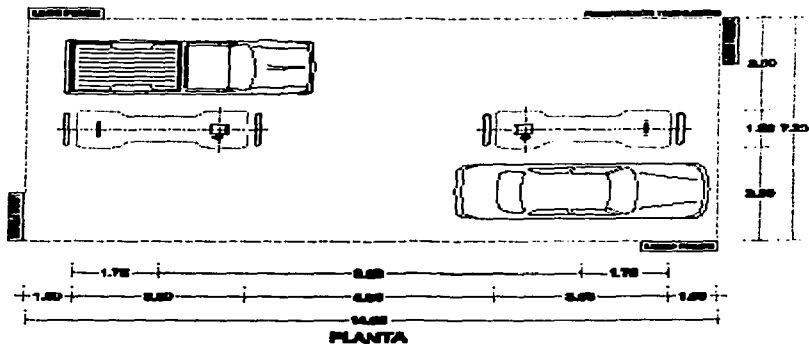
ALZADO FRONTAL



ALZADO LATERAL

- Elemento protector.
- Surtidor de aire y agua.
- Dispensario.
- Extintor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Mangueras

Para combustible diesel se permitirá el uso de una o dos mangueras correspondientes a una o dos posiciones de carga en tanto que para dispensarios de gasolinas se usarán dos mangueras para una posición de carga y cuatro mangueras para dos posiciones; ambos dispensarios contarán con computador electrónico y pantalla visible hacia el lado de despacho. Las mangueras tendrán una longitud máxima de 4 metros y llevarán instalada una válvula de corte a 30 cm del cuerpo del dispensario.

Las mangueras de los dispensarios y las boquillas de las pistolas serán de 3/4" de diámetro para gasolinas y para diesel de 1" de diámetro (10).

Los retractores de mangueras se utilizarán para protegerlas y minimizar la acumulación de líquidos en los puntos bajos de las mangueras surtidoras.

Se instalará una válvula de corte rápido (shut off) al nivel de la superficie del basamento, por cada línea de producto y/o vapor que llegue al dispensario dentro del contenedor. En caso de que el dispensario sea golpeado o derribado, la válvula se cortará o degollará a la altura del surco debilitado con el objeto de que se cierre a fin de evitar un posible derrame de combustible. Adicionalmente deberá contar con un fusible de acción mecánica que libere la válvula en presencia de calor. Dicha válvula contará con doble seguro en ambos lados. El sistema de anclaje de estas válvulas deberá soportar una fuerza mayor a 90 kg/válvula.

Abajo de los dispensarios se instalarán contenedores herméticos de fibra de vidrio, polietileno de alta densidad o de otros materiales certificados para el manejo de los productos, con un espesor que cumpla los estándares internacionales de resistencia. Los contenedores herméticos estarán libres de cualquier tipo de relleno para facilitar su inspección y mantenimiento.

Como rutina diaria se deberá revisar el cierre hermético de las pistolas de despacho y el estado físico de las mangueras.

De acuerdo a las indicaciones de los fabricantes, se deberá verificar a través de la jarra patrón que la calibración de los medidores sea la correcta, reportando las desviaciones a la autoridad correspondiente para su corrección. Así mismo, se comprobará que el funcionamiento de la válvula shut-off y de la válvula de corte rápido en las mangueras sea correcto.

Se deberá revisar que en el interior de los contenedores bajo los dispensarios esté limpio, seco y hermético así como los accesorios, empaques, conexiones, válvulas y sensores que se localizan dentro del mismo.

Tuberías

Todos los materiales utilizados en los sistemas de tuberías estarán certificados en apego a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente cumpliendo así con el criterio de doble contención.

CASO	CONTENEDOR PRIMARIO	CONTENEDOR SECUNDARIO
1	Acero al Carbón	Polietileno de alta densidad
2	Fibra de Vidrio	Fibra de Vidrio
3	Material Termoplástico	Polietileno de alta densidad
4	Otras tuberías que califiquen como sistema de doble contención, avalados por normas y códigos aplicables	Otras tuberías que califiquen como sistema de doble contención, avalados por normas y códigos aplicables

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El sistema completo de doble contención consiste en una tubería primaria (interna) y una secundaria (externa) desde el contenedor de la bomba sumergible hasta el contenedor del dispensario. Este sistema provee un espacio anular (intersticial) continuo para verificar las líneas de producto en cualquier momento. Contará con un sistema de control que detectará el agua que penetre por la pared secundaria o el producto que se llegara a fugar del contenedor primario.

La tubería de distribución podrá ser rígida o flexible. Si es rígida, se instalarán conexiones flexibles tanto a la salida de la bomba sumergible como a la llegada de los dispensarios. Si es flexible, la derivación a los dispensarios podrá ser rígida dentro del contenedor.

Cuando no existan trincheras que estén debidamente identificadas y con objeto de señalar visualmente la trayectoria de las tuberías de combustibles, de recuperación de vapores, conductos eléctricos y de comunicación.

-Pruebas de Hermeticidad para Tuberías de Producto, Agua, Aire y Vapores

Tuberías de producto

Se efectuarán dos pruebas a las tuberías en las diferentes etapas de instalación y se harán de acuerdo a lo que se indica a continuación:

Primera prueba: Será neumática y se efectuará a las tuberías primaria y secundaria cuando hayan sido instaladas totalmente en la excavación o en la trinchera, interconectadas entre sí, pero sin conectarse a los tanques, bombas sumergibles y/o dispensarios.

Segunda prueba: Es obligatoria, del tipo no destructivo y se aplicará tanto a tanques como a tuberías con el producto que vayan a manejar. Esta prueba será efectuada por la empresa designada para tal fin y será certificada de acuerdo al

método de prueba aprobado por la autoridad competente, emitiendo las constancias correspondientes. Esta prueba es indispensable para otorgar el inicio de operaciones de la Estación de Servicio.

En caso de detectarse fuga al aplicar las pruebas de hermeticidad, el responsable de la instalación procederá a verificar la parte afectada para su sustitución o reparación según sea el caso.

Tanques

Los requerimientos presentados a continuación aplican a todos los tanques de almacenamiento de líquidos inflamables, los cuales serán del tipo cilíndrico horizontal atmosférico de pared doble. Todos los tanques enterrados para almacenamiento de combustibles cumplirán con el criterio de doble contención, utilizando tanques de pared doble con un espacio anular (intersticial) para contener posibles fugas del producto almacenado en el tanque primario.

Capacidades: La capacidad nominal mínima requerida para los tanques de almacenamiento será de 40,000 L.

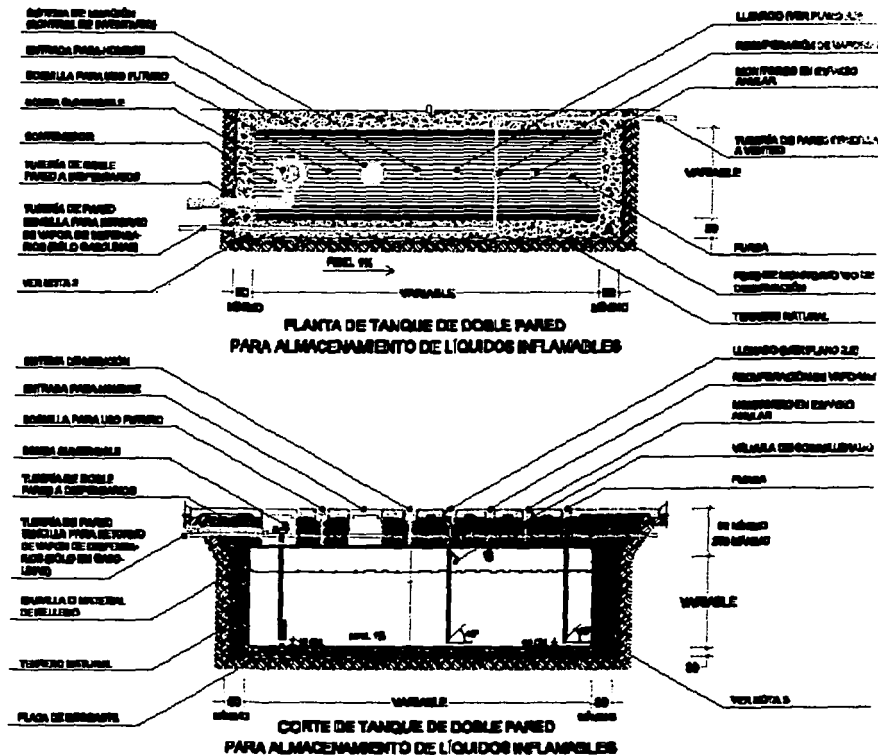
Materiales de fabricación para tanques de doble pared. Los tanques de almacenamiento podrán ser fabricados con cualquiera de los materiales que se presentan a continuación en la tabla.

Caso	Contenedor Primario	Contenedor Secundario
1	Acero al Carbón	Fibra de Vidrio
2	Acero al Carbón	
3	Fibra de Vidrio	Fibra de Vidrio
4	Acero al Carbón	Acero al Carbón recubierto con fibra de vidrio
5	Otros tanques de almacenamiento que califiquen como sistema de doble contención, avalados por normas y códigos aplicables	Otros tanques de almacenamiento que califiquen como sistema de doble contención, avalados por normas y códigos aplicables

El tanque contará con un dispositivo de detección electrónica de fugas en el espacio que se encuentra entre la pared del tanque primario (interno) y la del secundario (externo) (Fig. 3). Este sistema de control detectará el agua que penetre por la pared secundaria o el producto que se llegara a fugar del contenedor primario. Lo anterior con el objeto de evitar contaminación del subsuelo y mantos freáticos en apego a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Fig. 3 Tanques de almacenamiento



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Accesorios

Los accesorios que se instalen en los tanques serán los siguientes:

Dispositivo para la purga del tanque. El cual deberán tener sin excepción.

Accesorios para el monitoreo en espacio anular de los tanques. El tubo servirá de guía para introducir una manguera que se conectará a una bomba manual o neumática para succionar el agua que se llegue a almacenar dentro del tanque por efectos de condensación. El extremo superior del tubo guía tendrá una tapa de cierre hermético, con la finalidad de evitar las emanaciones de vapores de hidrocarburos al exterior, contando además a nivel de piso terminado con un registro con tapa para poder realizar la maniobra de succión correspondiente.

Pozos de observación los cuales permiten detectar la presencia de vapores de hidrocarburos en el subsuelo. El pozo de observación consiste en un tubo con ranuras en la parte inferior y liso en su parte superior. En ningún caso se deberán instalar tubos ranurados en toda su longitud, dado que éstos serían un conducto para la infiltración de contaminantes a las capas inferiores del suelo, en caso de derrame en la superficie, además las observaciones no serían confiables por existir mucha dilución. Opcionalmente pueden ser instalados sensores electrónicos para el monitoreo de vapores de hidrocarburos, con conexión eléctrica para lectura remota en tablero.

Contenedor de accesorios: Consiste en agrupar los accesorios del tanque en dos registros con un contenedor fabricado en polietileno de alta densidad o fibra de vidrio. Esta alternativa elimina cualquier riesgo de fuga de producto al subsuelo, en aquellas interconexiones que por su naturaleza son indetectables y que están expuestas a la corrosión por agua y terrenos de alta salinidad.

Accesorios para la detección electrónica de fugas en espacio anular: De acuerdo a los procedimientos de fabricación de los proveedores, en el interior del tanque se dejarán las canalizaciones adecuadas para alojar al sensor electrónico para la detección de hidrocarburos en la parte más baja del espacio anular. Conjuntamente con este sistema se interconectarán los sensores del dispensario y de la motobomba. En pozos de observación, monitoreo y en tuberías, su instalación será opcional o por requerimiento de las autoridades competentes o de PEMEX Refinación. El reporte obtenido será complementario al reporte final de la hermeticidad del sistema.

Bocatoma para la recuperación de vapores Fase I. En la parte interior del tanque se instalará una válvula de bola flotante (del sistema de recuperación de vapores,) colocada al 90% de la capacidad del tanque. Esta válvula se acciona cuando el tanque se llena hasta un nivel predeterminado y se eleva hasta bloquear en un 98% el acceso de combustible a la línea de vapores.

Bocatoma de llenado con válvula de sobrellenado. En la parte superior del tubo se instalará una conexión con tapa para descarga hermética. En su interior se alojará un tubo de aluminio de 76 mm (3") mínimo de diámetro, el cual llegará a 102 mm (4") de separación del fondo del tanque y estará integrado a la válvula de prevención de sobrellenado, cuyo punto de cierre se determinará a un nivel máximo equivalente al 90% de la capacidad del tanque.

Dispositivo para el sistema de control de inventarios. El uso de este sistema en tanques de almacenamiento de combustibles es de gran importancia para prevenir sobrellenados, fugas y derrames de productos. Deberá ser capaz de detectar fugas con sensores y realizar pruebas de fugas en tanques por variación de los niveles de producto almacenado en el mismo. Permite medir las existencias del producto almacenado y será del tipo electrónico y automatizado.

Sistema de Bombeo y Despacho de Producto: El sistema está formado por la bomba sumergible, sus conexiones y accesorios, los cuales se instalarán en el

tanque de almacenamiento; así como por los dispensarios, sus conexiones y accesorios, que estarán instalados en el módulo de abastecimiento de producto.

Bomba sumergible: La bomba será del tipo sumergible de control remoto, con motor eléctrico a prueba de explosión y detector mecánico de fuga en línea. Se instalará en la boquilla del tanque ubicada en el extremo opuesto a la de purga dentro de un contenedor hermético. La bomba tendrá la capacidad para operar a un flujo normal en un rango de 35 a 50 litros por minuto por manguera en el caso de gasolinas, y para diesel de 60 a 90 litros por minuto por manguera. Dependiendo del número de mangueras que suministre, se podrá optar por sistemas de bombeo inteligente o de alto flujo.

En la mayoría de las Estaciones de Servicio la zona de tanques es exclusiva para carga y descarga de combustibles, en algunas otras por lo reducido de los predios no existe una zona definida ya que los tanques se localizan bajo las zonas de acceso o de circulación.

En ambos casos y de acuerdo a proyecto, deberá existir un registro con rejilla conectado al drenaje aceitoso, el cual tiene como objetivo captar algún posible derrame de combustible o los residuos resultantes de la limpieza y conducirlos a la trampa de combustible, por lo cual este registro siempre deberá estar libre de obstrucciones.

De la misma forma, en la operación de descarga de combustibles deberá existir:

- Dos cables aislados flexibles con pinzas tipo grapa en sus extremos para la puesta a tierra
- Una manguera por producto para la descarga de combustible con conexiones herméticas
- Si en la localidad en donde se ubica la Estación de Servicio ya se exige la

recuperación de vapores, adicionalmente deberá existir la manguera para recuperación de vapores con conexiones herméticas.

En todo momento los cables, pinzas, mangueras y conexiones deberán estar en buenas condiciones y disponibles para la operación de descarga de combustibles.

Pruebas de Hermeticidad en Tanques

Independientemente del material utilizado en su fabricación, se aplicarán dos pruebas de hermeticidad tanto al tanque primario como al secundario. Estas pruebas serán aplicadas de acuerdo a los criterios siguientes:

Primera prueba: Será neumática o de vacío y ningún tanque será cubierto antes de pasar la primer prueba de hermeticidad. El tanque primario, incluyendo sus accesorios, se probará neumáticamente contra fugas a una presión máxima de 0.35 kg/cm^2 o a las recomendaciones del fabricante. El tanque secundario se probará a un vacío máximo de 15" de mercurio durante 60 minutos.

Segunda prueba: Es obligatoria, será del tipo no destructivo. La prueba la realizará la empresa que haya sido designada para tal fin y será certificada por la Unidad de Verificación de Pruebas de Hermeticidad. Cuando se efectúe el llenado de tanques y tuberías para realizar la prueba, se dejará en reposo el tiempo que requiera la empresa para efectuarla.

En caso de ser detectada alguna fuga al aplicar las pruebas de hermeticidad, se procederá a verificar la parte afectada para su reparación o sustitución según sea el caso.

2.2 Programa Interno de Protección Civil

Las Estaciones de Servicio deben tener un Programa Interno de Protección Civil que involucra a todos sus trabajadores, los cuales tendrán asignadas una serie de actividades que deberán desempeñar con responsabilidad en caso de presentarse una situación de emergencia, las cuales se evaluarán y determinarán en forma específica para cada Estación de Servicio de acuerdo a su localización.

Algunas de las actividades que debe contemplar este programa son:

- Uso del equipo contra incendio para atacar la emergencia
- Suspensión del suministro de energía eléctrica
- Evacuación de personas y vehículos que se encuentren en la Estación de Servicio.
- Control del tráfico vehicular para facilitar su retiro de la Estación de Servicio.
- Reporte telefónico a Bomberos y Protección Civil.
- Prevención a vecinos.

En cada turno debe existir el personal suficiente para cubrir cada uno de los aspectos señalados en el inciso anterior, los cuales deben conocer además lo siguiente:

- El contenido del manual de Operación, Seguridad y Mantenimiento de las Estaciones de Servicio
- Nociones básicas de seguridad
- Ubicación de los botones de paro de emergencia
- Ubicación de la trampa de combustibles, su funcionamiento y medidas de seguridad
- Características de los productos
- Nociones de primeros auxilios

Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento lo integran todas las actividades que se desarrollan en la Estación de Servicio para conservarlas en condiciones normales de operación equipos e instalaciones como son: Dispensarios, bombas sumergibles, tuberías, instalaciones eléctricas, tierras físicas, extintores, drenajes, trampa de combustible, etc., elaborado principalmente en base a los manuales de mantenimiento de cada equipo o en su caso a las indicaciones de los fabricantes, estas actividades se dividen en:

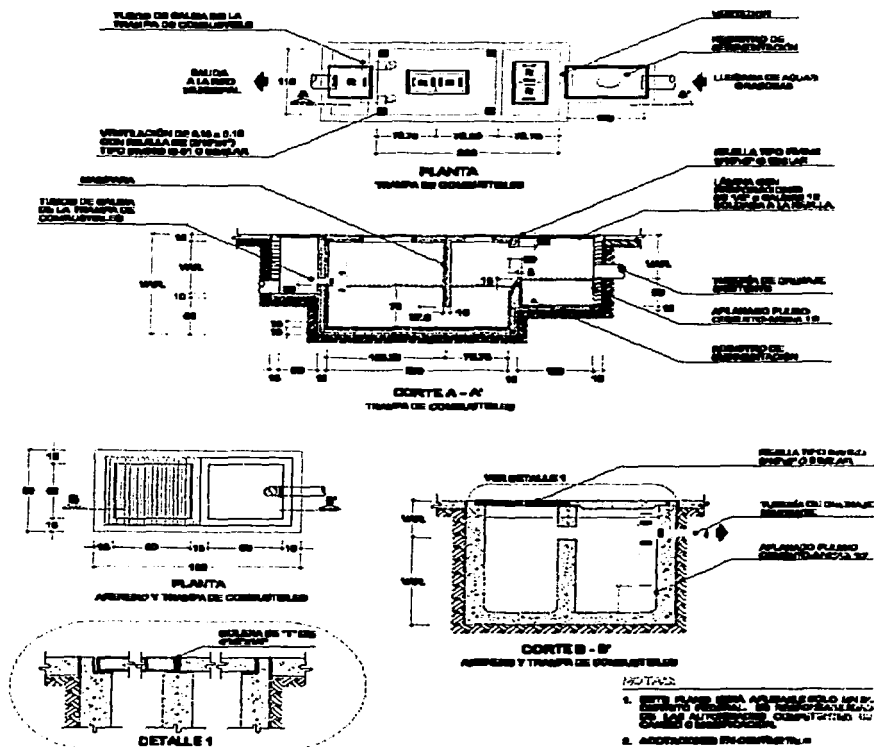
Mantenimiento Preventivo: Son las actividades que se desarrollan para detectar y prevenir a tiempo cualquier desperfecto antes de que falle algún equipo o instalación, sin interrumpir su operación.

Mantenimiento Correctivo: Son las actividades que se desarrollan para sustituir algún equipo o instalación de acuerdo al programa de mantenimiento o por reparación o sustitución de los mismos por fallo repentino, en este caso se interrumpe su operación.

2.3 Sistemas de recuperación de combustibles

Trampa de combustibles y aguas aceitosas: Al contar con sistemas para la contención y control de derrames en la zona de despacho de combustibles, así como en la zona de tanques de almacenamiento, no se permitirá la instalación de rejillas perimetrales alrededor de la Estación de Servicio, ni tampoco la instalación de registros en la zona de despacho. Sin embargo, en la zona de almacenamiento se deberán ubicar estratégicamente registros que puedan captar el derrame de combustibles provocado por una posible contingencia durante la operación de descarga del auto tanque al tanque de almacenamiento (Fig.4).

Fig.4 Trampa de combustible



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El volumen de agua recolectada en las zonas de almacenamiento pasará por la trampa de combustibles antes de conectarse al colector municipal. Por ningún motivo se conectarán los drenajes que contengan aguas aceitosas con los de aguas negras.

Sistema de Recuperación de Vapores

Este sistema se instalará solamente en las Estaciones de Servicio Urbanas que se ubiquen en aquellas ciudades con altos índices de contaminación atmosférica debido a las altas concentraciones de ozono. Este sistema está dividido en dos fases denominadas Fase I y Fase II

Sistema de recuperación de vapores fase I

Consiste en la instalación de accesorios y dispositivos para la recuperación y control de las emisiones de vapores de gasolina durante la transferencia de combustibles líquidos del auto tanque al tanque de almacenamiento de la Estación de Servicio. Los vapores son transferidos del tanque de almacenamiento hacia el auto tanque.

Esta recuperación puede efectuarse por cualquiera de los siguientes procedimientos. En cualquier caso, el diámetro de la tubería y de los accesorios deberá ser calculado para cada proyecto de Estación de Servicio en particular y del sistema que se instale.

De dos puntos: El tanque de almacenamiento tendrá dos bocatomas independientes entre sí. Una de ellas será para la recepción del producto y la otra para recuperar los vapores.

Coaxial: El tanque de almacenamiento tendrá una sola bocatoma para la descarga de producto y recuperación de los vapores simultáneamente a través de un conector coaxial.

Dado que el sistema de dos puntos presenta ventajas en la descarga de combustible al reducir el tiempo de descarga, deberá invariablemente aplicarse este sistema, salvo casos excepcionales que justifique plenamente la compañía especializada.

El auto tanque tendrá dos bocatomas. Una de ellas será para la descarga del producto y la otra para el retorno de vapores, con un diámetro de 4" para líquido y de 3" para vapor.

Sistema de recuperación de vapores fase II

El sistema de recuperación de vapores Fase II comprende la instalación de accesorios, tuberías y dispositivos para recuperar y evitar la emisión a la atmósfera de los vapores de gasolina generados durante la transferencia de combustible del tanque de almacenamiento de la Estación de Servicio al vehículo automotor. Los vapores recuperados son transferidos desde el tanque del vehículo hacia el tanque de almacenamiento de la Estación de Servicio.

Los sistemas de recuperación de vapores Fase II son clasificados como sistema tipo Balance o del tipo Asistido con vacío.

Considerando las condiciones del terreno y el número de dispensarios y tanques que tenga cada Estación de Servicio, se podrá utilizar una línea para la recuperación de vapores por cada tipo de gasolina, o una sola línea de retorno para ambas gasolinas, dependiendo del proyecto del sistema de recuperación de vapores.

Las líneas de recuperación de vapores de gasolinas, antes de la conexión a los dispensarios, tendrán una válvula de corte rápido (shut off) sujeta a su respectiva barra de sujeción de acero a una altura tal que su zona de fractura quede al mismo nivel de piso terminado del basamento del módulo de despacho, para garantizar su operación en caso de ser necesario

Los dispensarios tendrán pistolas y mangueras despachadoras con tubería recuperadora de vapores.

La instalación del sistema de recuperación de vapores será obligatoria cuando lo requiera la autoridad competente y deberá realizarse siguiendo las instrucciones y recomendaciones de la compañía especializada, responsable del proyecto e instalación de este sistema.

Sistema tipo balance

La presión que se genera en el tanque del vehículo cuando es abastecido de combustible y el vacío creado en el tanque de almacenamiento cuando el combustible es extraído, obligan a que los vapores del tanque del vehículo se desplacen hacia el tanque de almacenamiento; cuando esto se realiza sin bombas de vacío o extractores se determina que el sistema es del tipo Balance. Este sistema requiere únicamente de un sello hermético entre la válvula extractora de vapores y el tubo de llenado del vehículo para controlar el escape de vapores a la atmósfera.

Sistema asistido por vacío

Este tipo de sistema de recuperación de vapores de gasolinas utiliza necesariamente una bomba de vacío para recuperar el vapor durante el proceso de llenado del vehículo. Dichas bombas pueden estar localizadas en el

dispensario o fuera de él en un sistema central y crean un vacío para auxiliar al movimiento de los vapores de regreso hacia el tanque de almacenamiento.

Es en este tipo de sistema donde son necesarias las válvulas de venteo presión / vacío para reducir la emanación de vapores a la atmósfera.

Dentro de esta clasificación existen tecnologías que utilizan un motor con una bomba de vacío para recuperar el vapor durante el proceso de llenado. La relación vapor / líquido tiende a ser muy alta, ocasionando sobrepresión en los tanques de almacenamiento. Esta sobrepresión es eliminada por medio de procesadores de vapores excedentes.

Cualquiera de los dos sistemas de recuperación de vapor, Balance o Asistido, que se instale en la Estación de Servicio debe alcanzar una eficiencia en pruebas de laboratorio del 90% o mayor en la recuperación de vapor y no deberá provocar una presión de operación a los tanques de almacenamiento mayor a 1" de columna de agua.

2.4 Clasificación de Áreas Peligrosas

Las Estaciones de Servicio son establecimientos en los que se almacenan y manejan líquidos volátiles e inflamables, por lo que el equipo y los materiales eléctricos se seleccionarán en función de la peligrosidad que representa la clase de atmósfera explosiva que exista o pueda existir en sus diferentes áreas. Todas las Estaciones de Servicio cumplirán con la norma técnica para instalaciones eléctricas de la Secretaría de Economía, la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994, así como con lo que establecen los códigos internacionales vigentes en su edición más reciente como el National Fire Protection Association N° 30 A.

De acuerdo a las normas señaladas, las Estaciones de Servicio han sido clasificadas para efectos de determinación de grado de riesgo de explosividad, dentro del grupo D, clase I, divisiones 1 y 2.

La clasificación correspondiente al grupo D, clase I división 1, incluye áreas donde los líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables son transportados de un recipiente a otro. Las áreas clasificadas dentro del grupo D, clase I, división 2, incluyen sitios donde se usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables que llegarían a ser peligrosos sólo en caso de accidente u operación anormal del equipo.

Extensión de las áreas peligrosas

Dispensarios: Se considera dentro de la clase I división 1, al volumen encerrado dentro del dispensario y su contenedor, así como al espacio comprendido dentro de una esfera de un metro de radio con centro en la boquilla de la pistola. Se considera dentro de la clase I división 2, al volumen que se extiende 50 cm alrededor de la cubierta del dispensario en sentido horizontal y la altura total del mismo a partir del nivel de piso terminado, así como al volumen comprendido por 610 cm alrededor de la cubierta del dispensario en sentido horizontal y 50 cm de altura a partir del piso terminado.

Tanques de Almacenamiento Subterráneos: Se considera dentro de la clase I división 2, al volumen formado por la sección superior de una esfera de 150 cm de radio y centro a nivel de piso terminado y las boquillas de los depósitos enterrados, cuando sean herméticas y estén proyectadas verticalmente hasta el nivel de piso terminado. Esta área de la división 2 se extiende hasta 800 cm de distancia horizontal medidos a partir de la boquilla y a una altura de 100 cm sobre el nivel de piso terminado.

Edificaciones: Los edificios tales como oficinas, bodegas, cuartos de control, cuarto de máquinas o de equipo eléctrico que estén dentro de las áreas consideradas como peligrosas, estarán clasificadas de la siguiente manera:

Cuando una puerta, ventana, vano o cualquier otra abertura en la pared o techo de una construcción quede localizada total o parcialmente dentro de un área clasificada como peligrosa, todo el interior de la construcción quedará también dentro de dicha clasificación, a menos que la vía de comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva, de una fuente de aire limpio, y se instalen dispositivos para evitar fallas en el sistema de ventilación, o bien se separe adecuadamente por paredes o diques.

Los conductores no estarán expuestos a líquidos, gases o vapores inflamables que tengan efectos dañinos, ni a temperaturas excesivas.

Rotulado e identificación: Todos los circuitos deberán ser rotulados en los registros y tableros a donde se conecten, así como los conductores en los tableros, fusibles, alumbrado, instrumentación, motores, entre otros. La identificación se realizará con etiquetas y/o cinturones de vinil o similares.

Registros, sellos e interruptores.

Sellos eléctricos a prueba de explosión: En la acometida a los dispensarios, interruptores y en general a cualquier equipo eléctrico que se localice en áreas peligrosas, se colocarán sellos eléctricos tipo "EYS" o similar en los ductos eléctricos para impedir el paso de gases, vapores o flamas de un área a otra de la instalación eléctrica.

Interruptores: La instalación eléctrica para la alimentación a motores y la del alumbrado, se efectuará utilizando circuitos con interruptores independientes, de tal manera que permita cortar la operación de áreas definidas sin propiciar un paro

total de la Estación de Servicio. En todos los casos se instalarán interruptores con protección por fallas a tierra.

Interruptores de emergencia: La Estación de Servicio tendrá como mínimo cuatro interruptores de emergencia ("paro de emergencia") de golpe que desconecten de la fuente de energía a todos los circuitos de fuerza, así como al alumbrado en dispensarios. El alumbrado general deberá permanecer encendido. Los interruptores estarán localizados en el interior de la oficina de control de la Estación de Servicio donde habitualmente exista personal, en la fachada principal del edificio de oficinas, en la zona de despacho y en la zona de almacenamiento, independientemente de cualquier otro lugar. Los botones de estos interruptores serán de color rojo y se colocarán a una altura de 1.70 m a partir del nivel de piso terminado.

Iluminación. La selección de las luminarias se hará en función de las necesidades de iluminación y de las restricciones impuestas por la clasificación de áreas peligrosas.

Alumbrado de Emergencia: La Estación de Servicio tendrá opcionalmente un sistema de alumbrado de emergencia para los casos en que falle el suministro de energía eléctrica, o cuando por situaciones de riesgo se tenga que cortar el mismo.

Equipo contra incendio: Los extintores serán de 9.0 Kg cada uno y estarán dotados de polvo químico seco para sofocar incendios de las clases A, B y C. El número y ubicación de los extintores será de acuerdo a lo siguiente:

a) Zona de despacho: Se instalará como mínimo un extintor por cada 4 posiciones de carga y se localizarán sobre las columnas que soportan la techumbre de esta zona.

- b) Zona de almacenamiento: Se instalará un mínimo de 2 extintores por cada zona de almacenamiento.
- c) Cuarto de máquinas: Se instalará mínimo 1 extintor.
- d) Edificio de oficinas: Se instalarán mínimo 2 extintores.

2.5 Estaciones de servicio en las delegaciones.

En la ciudad de México existen 340 estaciones de servicio de gasolina y/o diesel. Para la DGPCDF (Dirección General de Protección Civil del D.F.) es importante evaluar el diámetro de afectación a la población en caso de presentarse un derrame y/o una explosión en una estación de servicio, por lo que se decidió realizar también una simulación para el peor evento posible en las estaciones de servicio. Con los datos de DGPCDF se realizó la simulación y localización del perímetro de afectación.

La siguiente tabla nos muestra el número de gasolineras que se encuentran en servicio por delegación en el Distrito Federal registradas hasta julio del 2002.

ALVARO OBREGÓN	18
AZCAPOTZALCO	16
BENITO JUÁREZ	34
COYOACÁN	24
CUAJIMALPA	5
CUAUHTÉMOC	54
GUSTAVO A. MADERO	32
IZTACALCO	7
IZTAPALAPA	49
MAGDALENA CONTRERAS	2
MIGUEL HIDALGO	30
MILPA ALTA	2

TLÁHUAC	3
TLALPAN	19
VENUSTIANO CARRANZA	26
XOCHIMILCO	5
TOTAL	317

En la siguiente tabla se muestra el número de gasolineras por delegación que están próximas a entrar en funcionamiento, que se están construyendo e incluso remodelando (fuera de servicio).

ALVARO OBREGÓN	0
AZCAPOTZALCO	1
BENITO JUÁREZ	2
COYOACÁN	0
CUAJIMALPA	1
CUAUHTÉMOC	3
GUSTAVO A. MADERO	1
IZTACALCO	0
IZTAPALAPA	6
MAGDALENA CONTRERAS	0
MIGUEL HIDALGO	1
MILPA ALTA	0
TLÁHUAC	1
TLALPAN	2
VENUSTIANO CARRANZA	1
XOCHIMILCO	4
TOTAL	23

La información que se presenta a continuación es una concentrado de datos respecto a las características de las estaciones de servicio por delegación.

Álvaro Obregón.

Las estaciones de servicio de esta delegación tienen desde 2 hasta 6 islas, en todas las estaciones se distribuye gasolina magna y gasolina premium y sólo en 2 de ellas se vende diesel, todas cuentan con extintores, mangueras de agua y sistemas de corte. En inventarios se manejan en gasolina magna de 60,000 a 300,000 l, en premium de 30,000 a 160,000 l y en diesel de 50,000 a 80,000 l.

Azcapotzalco.

Sus estaciones de servicio tienen de 3 a 6 islas, en todas las estaciones se maneja magna; tres de ellas no manejan gasolina premium y cinco no expenden diesel. A excepción de dos estaciones las de mas cuentan con mangueras de agua y una de estas carece del sistema "V Shutt off". En inventarios se manejan de 20,000 a 180,000 l de gasolina magna, de 40,000 a 100,000 l de premium y de 40,000 a 200,000 l de diesel.

Benito Juárez

En esta delegación el número de islas van de 2 a 7, todas cuentan con los sistemas de seguridad a excepción de una que no cuenta con válvulas de seguridad y otra que no cuenta con el sistema "V Shutt off", En ninguna se distribuye diesel, en cambio en todas se distribuye gasolina magna y solo en 2 no se expende premium. En inventarios se manejan de 40,000 a 240,000 l de gasolina magna y de 30,000 a 80,000 l de gasolina premium.

Coyoacán

El número de islas fluctúa entre 2 y 7, cuentan con el sistema de seguridad requerido excepto una estación que carece del sistema "V shutt off", solo una estación cuenta con dispensario para diesel (100,000 l) y solo una no distribuye gasolina premium (40,000 a 140,000 l), todas expenden gasolina magna (80,000 a 240,000 l).

Cuajimalpa

El número de islas va de 4 a 6, todas cuentan con el sistema de seguridad a excepción de dos que carecen del sistema "V shutt off", solo dos estaciones expenden diesel (40,000 a 60,000 l), todas venden gasolina premium (80,000 a 40,000 l) y magna (80,000 a 160,000 l).

Cuauhtémoc

Esta es la delegación con el mayor número de gasolineras en servicio en el Distrito Federal, debido a que es el centro del Distrito Federal y por ser la zona más antigua de la Ciudad de México, Cabe señalar que en poco tiempo la delegación Iztapalapa logrará quitarle este título, mientras esto sucede, de 1 hasta 8 es el número de islas lo que habla de la diversidad de sus Estaciones de Servicio. Algunas, las menos no cuentan con alguno de los sistemas de seguridad, en todas se expende gasolina magna (30,000 a 160,000 l), solo en cuatro se distribuye diesel (40,000 a 60,000 l) y en 5 estaciones no se expende gasolina premium (30,000 a 100,000 l).

Gustavo A Madero.

Manejan un número de 1 a 8 de islas, todas cuentan con el total de sistemas de seguridad, en 9 de las estaciones de servicio expenden diesel (40,000 a 100,000 l), solo una no expende magna (30,000 a 240,000 l) y 3 no expenden premium (30,000 a 100,000 l).

Iztacalco

El número de islas va de 2 a 8, cuentan con sistemas de seguridad completos, en todas se distribuyen magna (60,000 a 240,000 l) y premium (30,000 a 80,000 l) y solo en una estación se expende diesel (40,000 l).

Iztapalapa.

Esta será con seguridad la próxima delegación con más Estaciones de Servicio en todo el Distrito Federal, esto se puede entender debido a que es una de las zonas más pobladas de la Ciudad de México por lo que se entiende que se localicen varias estaciones en esta demarcación. El número de islas oscila entre 2 y 10 con base a lo antes mencionado, las estaciones de una isla desaparecen y aumentan a hasta 10 debido a la demanda de la población. Todas las estaciones cuentan con los sistemas de seguridad requeridos. La mayoría cuentan con distribución de diesel (180,000 a 40,000 l) en tanto que las gasolineras magna (60,000 a 240,000 l) y premium (40,000 a 160,000 l) no son distribuidas en 2 estaciones.

Magdalena Contreras
Milpa Alta
Tláhuac

Estas tres delegaciones son las que cuentan con menos Estaciones de Servicio cuentan y sólo se podría decir que Tláhuac es la delegación que tienen más posibilidades de que sean abiertas nuevas estaciones debido a su población creciente, el número de islas van de 3 a 8, todas cuentan con las medidas de seguridad.

En Magdalena Contreras solo se distribuye gasolina premium y magna, en Milpa Alta no se vende premium y en una de las dos estaciones se distribuye diesel mientras que en Tláhuac se manejan las dos gasolinas y en dos de las tres estaciones se expende diesel.

Miguel Hidalgo

Se manejan un número de islas de 1 a 6, todas las estaciones de servicio cumplen con los sistemas de seguridad a excepción de una que carece del sistema "V Shutt off", en todas las estaciones se expende magna (40,000 a 200,000 l), solo en una gasolinera se expende diesel (40,000 l) y en 3 de las estaciones no se distribuye premium (40,000 a 100,000 l).

Tlalpan

El número de islas va de 2 a 9, todas cumplen con los sistemas de seguridad, todas expenden gasolina magna (20,000 a 250,000 l), en dos estaciones no se distribuye gasolina premium (40,000 a 100,000 l) y en 4 se expende diesel (20,000 a 100,000 l).

Venustiano Carranza

El número de islas va de 2 a 9, cuentan con el sistemas de seguridad completo, en todas se expende magna (40,000 a 180,000 l), solo en 3 se vende diesel (40,000 a 100,000 l) y en 3 no se vende premium (30,000 a 180,000 l).

Xochimilco

Cuentan con un número de islas que va de 3 a 9, todas las estaciones cumplen con los sistemas de seguridad a excepción de una que no cuenta con el sistema "V Shutt off", en todas se distribuye gasolina magna (100,000 a 240,000 l), en 2 estaciones no se expende ni diesel (40,000 a 50,000 l) ni gasolina premium (50,000 a 80,000 l).

En general las Estaciones de Servicio de todas las delegaciones del Distrito Federal cuentan con tanques de pared sencilla los cuales deben cambiarse a tanques de pared doble como es recomendable. La mayoría de las estaciones cuentan con otros accesorios , como las motobombas, compresores, sistemas de tierra física, tableros eléctricos y pozos de monitoreo, el número de tanques que manejan las estaciones de servicio van desde 2 hasta 8 tanques, sus capacidades oscilan entre los 20,000 a los 100,000 l, existiendo incluso un tanque de 10,000 l en una estación de servicio.

2.6 Simulaciones.

En la presente sección se expone de forma breve y generalizada como se llevaron a cabo las simulaciones haciendo uso de la información disponible.

En ARCHIE se realizaron 3 simulaciones por cada combustible que se maneja en las gasolineras del D.F. y para cada uno de los 2 escenarios representados;

- a) derrame por ruptura en las mangueras de los dispensarios
- b) derrame al descargar el combustible del autotanque al tanque subterráneo

Se varió para cada simulación el flujo de derrame, esto debido a los diferentes tiempos de respuesta, ya que el paro automático, depende de en cuánto tiempo es accionado por los operadores. Puesto que el mismo programa da la opción de realizar cambios a los datos suministrados esto facilitó el poder variar los tiempos de respuesta.

Las simulaciones en ARCHIE comienzan por dar los nombres de las sustancias químicas que se manejan en estos casos DIESEL, GASOLINA MAGNA y GASOLINA PREMIUM, y otro datos como latitud, longitud, localidad, fecha y descripción del incidente, estos últimos datos son iguales para las 3 simulaciones, dado que estos se refieren mas bien a la localidad y a como se plantea el evento. Este es el primer filtro del programa pues después de almacenar estos datos se da la opción de cambiar alguno o algunos de ellos, para lo cual se pide el número del dato que se desea cambiar. A continuación se plantea una pregunta muy importante, ¿es o no la sustancia inflamable o combustible? En la siguiente pantalla se pide se seleccione el modelo que se desea utilizar, para estas simulaciones se eligieron las opciones a, b, c, d, e, f, h, e

i. Los datos suministrados para cada inciso se especifican en el capítulo anterior y se pueden encontrar en el anexo 1 referente a las simulaciones con ARCHIE.

Cabe señalar que el programa tiene la capacidad de no aceptar datos incongruentes así como la facilidad de cambiar cualquier dato dado.

En el caso de ALOHA, también se consideró el cambio de los tres tiempos de respuesta que se manejan, los cuales se escogieron mediante la experiencia que se tienen en las Estaciones de Servicio, se comienza por anexar los datos de las gasolinas y el diesel. En el caso de las gasolinas se escogió al n-heptano debido a su gran similitud en sus propiedades con las gasolinas Premium y Magna; en el caso del diesel, se tomó en cuenta el n-decano por su similitud en sus propiedades físicas y químicas. Posteriormente se escoge el caso de una alberca la cual se utiliza para el caso del derrame por la manguera del dispensario o el de un tanque el cual denomino para el escenario en el cual se derrama al momento de la descarga de la pipa al tanque. Se escogieron estos 2 escenarios pues son los que históricamente se han presentado en las Estaciones de Servicio (9).

Otros datos que se introdujeron fueron los climatológicos del D.F., así como geográficos, latitud, longitud, altura, etc. Los resultados obtenidos se encuentran en el anexo 2.

2.7 AutoCad

En las anteriores secciones se ha hablado de los datos que se tienen sobre las gasolineras y en base a eventualidades registradas por manejo de combustible se realizaron simulaciones para determinar la magnitud de afectación en caso de un accidente y es con este objetivo que se ha realizado la labor de elaborar mapas de cada una de las delegaciones que constituyen la zona metropolitana en los cuales se pueda señalar las zonas de afectación.

Por estas razones se escogió el programa AutoCAD para realizar la representación gráfica de los mapas del riesgo. Algunos de los mapas realizados se presentan en el anexo 3.

Resultados

Los resultados que se presentan a continuación son los obtenidos de los programas ARCHIE y ALOHA.

ARCHIE

Diesel	Dispensarios	Auto tanque
Evaluación de la dispersión de vapores tóxicos	18.6 m radio (750 ppm)	57.6 m radio (750 ppm)
Evaluación de peligros de radiación por fuego en un charco o alberca	3.0 m radio de la alberca o charco incendiado 6.7 m altura de flama 5.2 m radio de fatalidad 7.3 m radio de evacuación	5.2 m radio de la alberca o charco incendiado 9.5 m altura de flama 8.9 m radio de fatalidad 12.5 m radio de evacuación
Evaluación de peligro de fuego en una nube o pluma de vapor	11.0 m zona de peligro 5.5 m máx radio de peligro	26.5 m zona de peligro 13.4 m máx radio de peligro

Nota 1: El radio mínimo que se estima es de 10.1 m para la nube explosiva y el peligro puede ser sobre estimado

Nota 2: Se consideró 750 ppm como el valor que ocasiona molestias a personas expuestas y que se encuentra reportado en la hoja de datos (PEMEX).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Magna y Premium	Dispensarios	Auto tanque
Evaluación de la dispersión de vapores tóxicos	38.4 m radio (270 ppm)	100.0 m radio (270 ppm)
Evaluación de peligros de radiación por fuego en un charco o alberca	3.0 m radio de la alberca o charco incendiado 6.7 m altura de flama 5.2 m radio de fatalidad 7.3 m radio de evacuación	5.2 m radio de la alberca o charco incendiado 9.5 m altura de flama 8.9 m radio de fatalidad 12.5 m radio de evacuación
Evaluación de peligro de fuego en una nube o pluma de vapor	13.4 m radio de peligro 6.7 m máx radio de peligro	33.8 m radio de peligro 17.1 m máx radio de peligro

Nota 1: Se consideró 270 ppm como el valor que ocasiona molestias a personas expuestas y que se encuentra reportado en la hoja de datos (PEMEX).

ALOHA

Diesel	Dispensario	Auto tanque
Zona de afectación	Menor a 10 m	Menor a 20 m

Magna y Premium	Dispensario	Auto tanque
Zona de afectación	Menor a 10 m	Menor a 20 m

De acuerdo a los valores anteriores se observa que las áreas afectadas en un accidente serán mínimas.

Algunos ejemplos de las simulaciones realizadas en los programas ARCHIE y ALOHA son presentados en los anexos 1 y 2.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ÁRBOL DE FALLAS

De la técnica del árbol de fallas podemos deducir las fallas de un determinado sistema a partir del análisis de las causas que lo ocasionan.

Evento culminante (T)

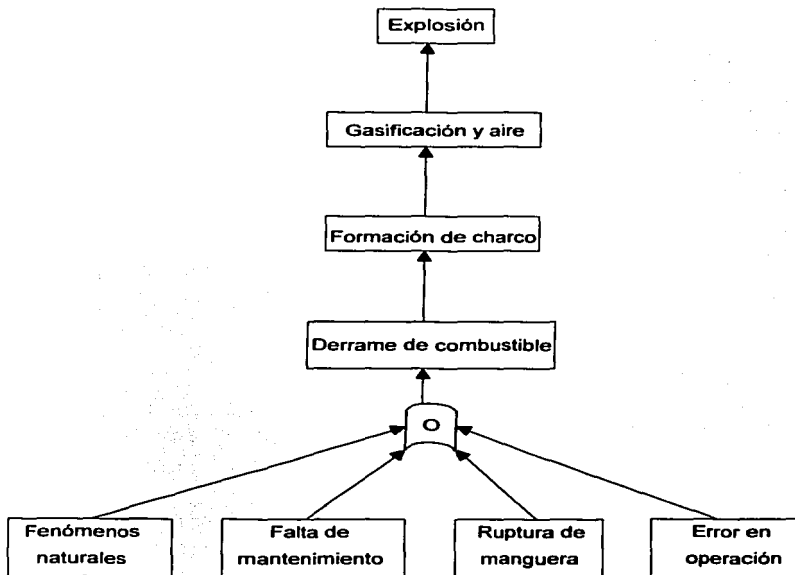
El evento culminante para este caso se determinó que fuera la explosión, por la vaporización que sufre el combustible formando una mezcla explosiva al combinarse con el aire.

Elaboración del árbol de fallas

La elaboración del árbol se realizó con información estadística recopilada en:

- 1.- Estación General de Bomberos del Distrito Federal.**
- 2.- Dirección General de Protección Civil del Distrito Federal**
- 3.- CENAPRED**

Diagrama del árbol de fallas.



FALLA DE ORIGEN

Cálculo de la probabilidad de ocurrencia del evento culminante.

$$T = M1$$

$$T = M2 * M3$$

$$T = (B1+B2)*(B3*B4)$$

$$T = Bi$$

Probabilidad (P)	Frecuencia probable (F)
10^0	Inminente (puede ocurrir en cualquier momento)
10^{-1}	Muy probable (ha ocurrido o puede ocurrir varias veces al año)
10^{-3}	Probable (ha ocurrido o puede ocurrir en un año)
10^{-5}	Poco probable (no se ha presentado en 5 años)
10^{-7}	Improbable (no se ha presentado en 10 años)
10^{-9}	No se ve probabilidad de que ocurra

Probabilidad del evento básico.

Evento básico	Probabilidad
B1	10^0
B2	10^0
B3	10^{-3}
B4	10^{-5}

Probabilidad de ocurrencia del evento culminante: 2×10^{-8}

La probabilidad del evento culminante, es decir, la probabilidad de que exista una explosión en una gasolinera del Distrito Federal esta entre el rango de Improbable (no se ha presentado en 10 años) y no se prevé que exista probabilidad de que exista (10^{-9}).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Por último se presentan las consecuencias que puede tener la explosión con la siguiente tabla:

Distancia de explosión (m)	Expectativas de daños.
44.2	Algunas ruptura de los vidrios
6.4	Algunos daños en viviendas, 10% de las ventanas son rotas
2.4 - 4.3	Ventanas dañadas
2.4	Demolición parcial de casas
0.6 - 2.4	Rango serio en el cual pueden salir volando objetos como vidrios, etc.
1.5	Colapso parcial de casas
0.9	Completa destrucción de construcciones
0.6	99% posibilidad de muerte de la población

Nota 1: Tabla que reporta el programa ARCHIE para analizar las consecuencias

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Conclusiones

- **Se presentan los mapas de afectación de áreas específicas por un evento inesperado por uso de combustibles en las delegaciones políticas del Distrito Federal.**
- **Las Estaciones de Servicio cuentan con un sistema efectivo para reducir las causas de un accidente. Y esto se refleja en los resultados obtenidos en las simulaciones. Este punto es importante ya que representa mayor seguridad y confiabilidad por parte de la población.**
- **Es de gran importancia contar con mapas confiables para que el personal de emergencias tome las decisiones oportunas y adecuadas ante alguna situación para una mínima afectación a la población civil.**
- **Existe una gran densidad poblacional en el Distrito Federal lo cual de alguna manera obliga que el servicio de suministro de gasolina sea frecuente y de gran volumen.**
- **La delegación Cuauhtémoc representa mayor peligro debido a que sus Estaciones de Servicio son más antiguas y dos de las estaciones no cuentan con todas las medidas de seguridad por lo cual se recomienda revisar dichas gasolineras y llevar a cabo un programa de modernización.**
- **Es claro notar que la creación de mapas de riesgos es una herramienta útil pero que por lo mismo debe ser actualizada y/o corregida periódicamente para que sea un reflejo real y confiable.**

Bibliografía

- 1.- Guía Roji. S.A. de C.V. "GUIA ROJI CIUDAD DE MEXICO" México, Octubre (2002)**
- 2.- Ábalos Bergillos Rafael, "AutoCad para principiantes", Alfaomega, México, (1999), pags. 1 – 11**
- 3.- Sinnamon R.M. J.D. Andrews, "New approaches to evaluating fault trees", Ireland, (1997), pags 89-96**
- 4.- Perry Robert; Cecil Chilton, "Manuel del ingeniero químico", México, (1982)**
- 5.- Martínez Cornejo Pedro, Programa interno de protección civil en gasolineras, CENAPRED. (1999).**
- 6.- CENAPRED, "Prevención", Volumen 9, México, (1994), PEMEX; seguridad en gasolineras y gaseras.**
- 7.- Asamblea de representantes del D.F.**
- 8.- Dirección General de Protección Civil del D. F.**
- 9.- Estación de Bomberos del D. F.**
- 10.- www.epa.gov
- 11.- www.franquicia.pemex.mx

- 12.- www.cenapred.com/
- 13.- www.ine.gob
- 14.- www.profepa.gob.mx
- 15.- www.semarnat.gob.mx
- 16.- www.sct.gob.mx
- 17.- www.inegi.gob.mx
- 18.- www.stps.gob.mx

ANEXO 1

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

HAZARDOUS MATERIAL = Magna
ADDRESS \ LOCATION = Mxico, D.F.
LATITUDE = 19x3
LONGITUDE = 98x57
DATE OF ASSESSMENT = 11/11/02
NAME OF DISK FILE = MAGNA.ASF

*** SCENARIO DESCRIPTION

Ruptura de manguera
Descarga de combustible
Formaci"n de charco

***** TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind distance to concentration of 270 ppm
-- at groundlevel = 126 feet
-- at discharge height = 120 feet

Peak concentration on ground is 1029.6 ppm
at a downwind distance of 42 feet for
elevated emission source specified by user.

See attached table(s) for further details.

***** POOL FIRE HAZARD ESTIMATION RESULTS

Burning pool radius = 17 feet
Flame height = 33 feet
Fatality zone radius = 29 feet
Injury zone radius = 41 feet

***** FLAMMABLE VAPOR CLOUD HAZARD RESULTS

For concentration of	1/2 LFL	LFL	
	-----	-----	
Downwind hazard distance =	44	31	feet
Max hazard zone width =	22	16	feet
Max weight explosive gas =	.8	.5	lbs
Relative gas/air density =	2.21	2.21	initially
Model used in analysis =	Heavy gas		

Note: Clouds or plumes containing less than 1000 pounds
of vapor or gas are very unlikely to explode when
completely unconfined, except when one of a cer-
tain few materials have been discharged.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind Distance		Groundlevel Concentration	Source Height Concentration	Initial Evacuation Zone Width
(feet)	(miles)	(ppm)	(ppm)	(feet)
100	.02	397	354	73
102	.02	385	345	75
104	.02	374	336	76
106	.02	363	327	77
108	.03	353	318	79
110	.03	343	310	80
112	.03	334	302	81
113	.03	325	294	83
115	.03	316	287	84
117	.03	308	280	85
119	.03	300	273	85
121	.03	292	267	74
123	.03	285	260	61
124	.03	277	254	43
126	.03	270	248	1

*Usually safe for < 1 hour release. Longer releases or sudden wind shifts may require a larger width or different direction for the evacuation zone. See Chapters 3 and 12 of the guide for details. Source height specified by the user for this scenario was 3 feet.

TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind Distance		Contaminant Arrival Time at Downwind Location	Contaminant Departure Time at Downwind Location
(feet)	(miles)	(minutes)	(minutes)
100	.02	.2	.8
102	.02	.2	.8
104	.02	.2	.8
106	.02	.2	.8
108	.03	.2	.8
110	.03	.2	.8
112	.03	.2	.8
113	.03	.2	.8
115	.03	.2	.8
117	.03	.2	.8
119	.03	.2	.8
121	.03	.2	.8
123	.03	.2	.8
124	.03	.2	.8
126	.03	.2	.8

CAUTION: See guide for assumptions used in estimating these times.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

 INPUT PARAMETER SUMMARY

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL		
NORMAL BOILING POINT	= 429.8	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	= 100	
LIQUID SPECIFIC GRAVITY	= .7	
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	= 7.21	psia
	= 372.5	mm Hg
LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL)	= 1.4	vol%
TOXIC VAPOR LIMIT	= 270	ppm
CONTAINER CHARACTERISTICS		
TOTAL WEIGHT OF CONTENTS	= 23	lbs
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	= 68	degrees F
ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS		
AMBIENT TEMPERATURE	= 68	degrees F
WIND VELOCITY	= 11.2	mph
ATMOSPHERIC STABILITY CLASS	= D	
VAPOR/GAS DISCHARGE HEIGHT	= 3	feet
KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS		
BURNING POOL AREA	= 900	ft2
VAPOR EVOLUTION RATE	= 15.8	lb/min
VAPOR EVOLUTION DURATION	= .5	minutes
KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION		
NONE OBSERVED		

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

HAZARDOUS MATERIAL = diesel
ADDRESS \ LOCATION = mexico df
LATITUDE = 19x3
LONGITUDE = 98x57
DATE OF ASSESSMENT = 11/11/02
NAME OF DISK FILE = DIESEL3.ASF

*** SCENARIO DESCRIPTION

ruptura de manguera
descarga de combustible
formaci"n de charco

***** TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind distance to concentration of 750 ppm
-- at groundlevel = 189 feet
-- at discharge height = 184 feet

Peak concentration on ground is 5826.4 ppm
at a downwind distance of 41 feet for
elevated emission source specified by user.

See attached table(s) for further details.

***** POOL FIRE HAZARD ESTIMATION RESULTS

Burning pool radius = 17 feet
Flame height = 31 feet
Fatality zone radius = 29 feet
Injury zone radius = 41 feet

***** FLAMMABLE VAPOR CLOUD HAZARD RESULTS

For concentration of	1/2 LFL	LFL	
Downwind hazard distance =	87	61	feet
Max hazard zone width =	44	31	feet
Max weight explosive gas =	12	7.9	lbs
Relative gas/air density =	1.17	1.17	initially
Model used in analysis =	Neutrally buoyant		

Note: Clouds or plumes containing less than 100 pounds
of vapor or gas are very unlikely to explode when
completely unconfined, except when one of a cer-
tain few materials have been discharged.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind Distance (feet)	(miles)	Groundlevel Concentration (ppm)	Source Height Concentration (ppm)	Initial Evacuation Zone Width* (feet)
100	.02	2241	2002	73
107	.03	2028	1825	78
113	.03	1843	1670	82
119	.03	1682	1534	87
126	.03	1540	1413	92
132	.03	1415	1306	96
138	.03	1305	1211	110
145	.03	1207	1125	110
151	.03	1119	1048	110
157	.03	1041	979	120
163	.04	971	916	120
170	.04	908	859	130
176	.04	850	808	130
182	.04	799	761	97
189	.04	750	717	1

*Usually safe for < 1 hour release. Longer releases or sudden wind shifts may require a larger width or different direction for the evacuation zone. See Chapters 3 and 12 of the guide for details. Source height specified by the user for this scenario was 3 feet.

TOXIC VAPOR DISPERSION ANALYSIS RESULTS

Downwind Distance (feet)	(miles)	Contaminant Arrival Time at Downwind Location (minutes)	Contaminant Departure Time at Downwind Location (minutes)
100	.02	.2	.8
107	.03	.2	.8
113	.03	.2	.8
119	.03	.2	.8
126	.03	.2	.8
132	.03	.2	.8
138	.03	.2	.8
145	.03	.2	.8
151	.03	.2	.9
157	.03	.2	.9
163	.04	.2	.9
170	.04	.2	.9
176	.04	.2	.9
182	.04	.2	.9
189	.04	.2	.9

CAUTION: See guide for assumptions used in estimating these times.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

 INPUT PARAMETER SUMMARY

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL		
NORMAL BOILING POINT	= 527	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	= 142	
LIQUID SPECIFIC GRAVITY	= .83	
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	= .602	psia
	= 31.1	mm Hg
LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL)	= .7	vol%
TOXIC VAPOR LIMIT	= 750	ppm
CONTAINER CHARACTERISTICS		
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	= 68	degrees F
ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS		
AMBIENT TEMPERATURE	= 68	degrees F
WIND VELOCITY	= 11.2	mph
ATMOSPHERIC STABILITY CLASS	= D	
VAPOR/GAS DISCHARGE HEIGHT	= 3	feet
KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS		
BURNING POOL AREA	= 900	ft ²
VAPOR EVOLUTION RATE	= 126.93	lb/min
VAPOR EVOLUTION DURATION	= .5	minutes
KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION NONE OBSERVED		

ANEXO 2

**SITE DATA INFORMATION:**

Location: MEXICO, D.F., MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.73 (user specified)
Time: September 30, 2002 1152 hours ST (user specified)

CHEMICAL INFORMATION:

Chemical Name: HEPTANE Molecular Weight: 100.20 kg/kmol
TLV-TWA: 400 ppm IDLH: 750 ppm
Footprint Level of Concern: 750 ppm
Boiling Point: 98.43° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.046 atm
Ambient Saturation Concentration: 62,349 ppm or 6.23%

ATMOSPHERIC INFORMATION: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/sec from NW at 3 meters
No Inversion Height
Stability Class: D Air Temperature: 20° C
Relative Humidity: 50% Ground Roughness: urban or forest
Cloud Cover: 5 tenths

SOURCE STRENGTH INFORMATION:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 11 meters
Tank Volume: 34,558 liters
Tank contains liquid
Internal Temperature: 20° C
Chemical Mass in Tank: 22.7 tons
Tank is 87% full
Circular Opening Diameter: 2 inches
Opening is 10 centimeters from tank bottom
Soil Type: Concrete
Ground Temp: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Computed Release Rate: 66.9 kilograms/min
Max Average Sustained Release Rate: 63 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 2,490 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.

FOOTPRINT INFORMATION:

Dispersion Module: Gaussian
User-specified LOC: equals IDLH (750 ppm)
Max Threat Zone for LOC: 20 meters
Note: Footprint was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions unreliable for short distances.

TIME DEPENDENT INFORMATION:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: .5 meters
Off Centerline: .5 meters
The point selected is at the source.



Time: September 30, 2002 1152 hours ST (user specified)

Chemical Name: HEPTANE

SOURCE STRENGTH INFORMATION:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 11 meters

Tank Volume: 34,558 liters

Tank contains liquid

Internal Temperature: 20° C

Chemical Mass in Tank: 22.7 tons

Tank is 87% full

Circular Opening Diameter: 2 inches

Opening is 10 centimeters from tank bottom

Soil Type: Concrete

Ground Temp: equal to ambient

Max Puddle Diameter: Unknown

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Computed Release Rate: 66.9 kilograms/min

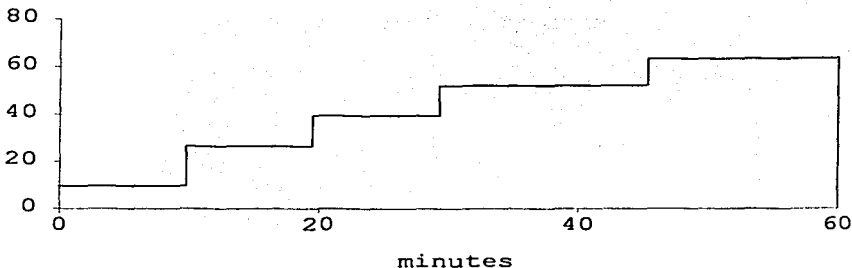
Max Average Sustained Release Rate: 63 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 2,490 kilograms

Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.

kilograms/minute



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**SITE DATA INFORMATION:**

Location: MÉXICO, D.F., MÉXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.78 (user specified)
Time: September 30, 2002 1250 hours ST (user specified)

CHEMICAL INFORMATION:

Chemical Name: N-DECANE Molecular Weight: 142.29 kg/kmol
TLV-TWA: -unavail- IDLH: -unavail-
Footprint Level of Concern: 270 ppm
Boiling Point: 174.15° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0013 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,692 ppm or 0.17%

ATMOSPHERIC INFORMATION: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/sec from NW at 3 meters
No Inversion Height
Stability Class: D Air Temperature: 20° C
Relative Humidity: 50% Ground Roughness: open country
Cloud Cover: 5 tenths

SOURCE STRENGTH INFORMATION:

Puddle Area: 4 square feet
Puddle Volume: 9.350 liters
Soil Type: Concrete Ground Temperature: 20° C
Initial Puddle Temperature: Ground temperature
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Computed Release Rate: 2.79 grams/min
Max Average Sustained Release Rate: 2.75 grams/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 149 grams

FOOTPRINT INFORMATION:

Dispersion Module: Gaussian
User-specified LOC: 270 ppm
Max Threat Zone for LOC: less than 10 meters (10.9 yards)
Note: Footprint was not drawn because
effects of near-field patchiness make dispersion
predictions unreliable for short distances.

TIME DEPENDENT INFORMATION:

Concentration Estimates at the point:
Downwind: 0.5 meters
Off Centerline: 0.5 meters
Max Concentration:
 Outdoor: 0.0407 ppm
 Indoor: 0.0201 ppm
Note: Indoor graph is shown with a dotted line.



Time: September 30, 2002 1250 hours ST (user specified)

Chemical Name: N-DECANE

Building Air Exchanges Per Hour: 0.78 (user specified)

TIME DEPENDENT INFORMATION:

Model Run: Gaussian

Concentration Estimates at the point:

Downwind: 0.5 meters

Off Centerline: 0.5 meters

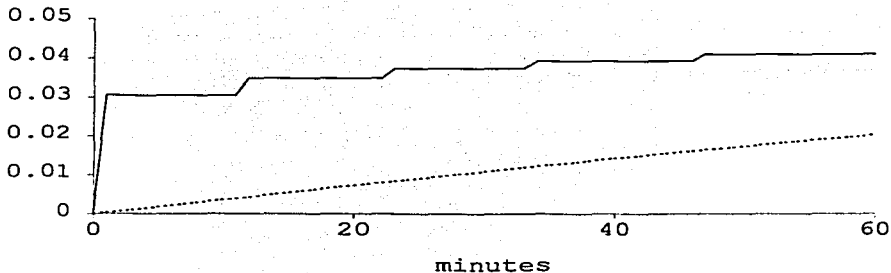
Max Concentration:

Outdoor: 0.0407 ppm

Indoor: 0.0201 ppm

Note: Indoor graph is shown with a dotted line.

ppm



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Time: September 30, 2002 1250 hours ST (user specified)

Chemical Name: N-DECANE

SOURCE STRENGTH INFORMATION:

Puddle Area: 4 square feet

Puddle Volume: 9.350 liters

Soil Type: Concrete

Ground Temperature: 20° C

Initial Puddle Temperature: Ground temperature

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

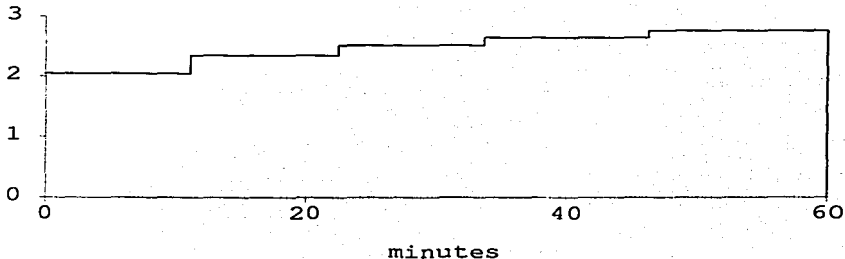
Max Computed Release Rate: 2.79 grams/min

Max Average Sustained Release Rate: 2.75 grams/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 149 grams

grams/minute





Time: September 30, 2002 1250 hours ST (user specified)

Chemical Name: N-DECANE

Building Air Exchanges Per Hour: 0.78 (user specified)

TIME DEPENDENT INFORMATION:

Model Run: Gaussian

Concentration/Dose Estimates at the point:

Downwind: 0.5 meters

Off Centerline: 0.5 meters

Max Concentration:

Outdoor: 0.0407 ppm

Indoor: 0.0201 ppm

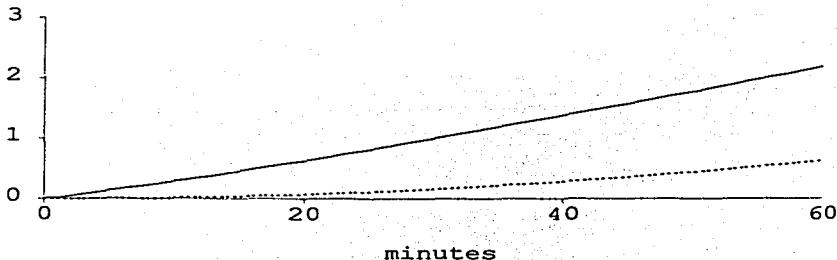
Max Dose: (in the first hour)

Outdoor: 2.18 ppm-min

Indoor: 0.631 ppm-min

Note: Indoor graphs are shown with a dotted line.

ppm-min



ANEXO 3

