



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DISEÑO DE PROTECCIÓN CON SISTEMA DE ASPERORES AGUA-ESPUMA PARA UNA LLENADERA DE AUTOTANQUES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

P R E S E N T A :

MIGUEL ANGEL MUÑOZ GARCÍA



MÉXICO, D. F.



EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

2004



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
Vocal
Secretario
1er. Suplente
2º. Suplente

Prof. **Ramón E. Domínguez Betancourt**
Prof. **Rodolfo Ruiz Trejo**
Prof. **Modesto Javier Cruz**
Prof. **Jesús Arturo Butrón Silva**
Prof. **José Antonio Ortiz Ramírez**

Sitio en donde se desarrolló el tema:

Facultad de Química, Ciudad Universitaria

Nombre Completo y Firma del asesor del tema

Prof. Ramón E. Domínguez Betancourt

Nombre Completo y Firma del supervisor técnico

Ing. Raúl Sánchez Meza

Nombre completo y firma del sustentante

Miguel Ángel Muñoz García

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	
	I.1 Objetivos	05
II.	TEORÍA DEL FUEGO	
	Pirámide del Fuego	10
	Propiedades Peligrosas de los Combustibles	12
	Fuentes de Ignición	13
	Como se inicia un Incendio	15
	Propagación del Fuego	16
	Clasificación de Fuegos	19
III.	LLENADERAS DE AUTOTANQUES	
	Localización General	20
	Sistemas de Seguridad	29
	Requisitos para el operador del autotanque	30
	Dispositivos y Requisitos de Seguridad	34
	Carga de Autotanques con Líquidos Inflamables	37
	Identificación de los Autotanques	42
IV.	LÍQUIDOS INFLAMABLES	
	Peligro de los Líquidos Inflamables y Combustibles	47
	Clasificación de los Líquidos Inflamables y Combustibles	49
	Características de la Combustión de los Líquidos Inflamables	51
	Métodos de Prevención de Incendios	53
V.	ESPUMAS CONTRA INCENDIOS	
	Características	55
	Como funciona una espuma	62
	Requisitos que regulan la lucha contra el fuego por medio de espuma	62
	Usos importantes de las espumas para lucha contra incendios	65
	Sistemas de Rociadores Agua-Espuma	69
	Medios de Proporción de Concentrados de Espuma	70

VI. NOM-002-STPS-2000-CONDICIONES DE SEGURIDAD-PREVENCIÓN PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO	
Obligaciones del Patrón	73
Obligaciones de los trabajadores	75
Programa Específico de Seguridad para la Prevención Protección y Combate de Incendios	76
Relación de Medidas de Prevención, Protección y Combate de Incendios	77
Requisitos de Seguridad	77
Requisitos de la Brigada Contra Incendios	83
Revisión y Mantenimiento de Extintores	84
Apéndice "A" Determinación del Grado de Riesgo de Incendio	87
Guía de Referencia I Detectores de Incendio	88
Guía de Referencia II Sistemas Fijos Contra Incendio	90
Guía de Referencia III Brigadas de Emergencia	91
VII. NORMA 16 NFPA.- NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE ROCIADORES DE ESPUMA-AGUA	
Información General del Sistema	96
Componentes del Sistema	97
Medios de Proporción de Espuma	97
Bombas de Concentrados de Espuma	98
Calidad del Agua	99
Diseño del Sistema e Instalación	100
VIII. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO A BASE DE ESPUMA AGUA	
Descripción del Sistema de protección Contra Incendio	104
Criterios de Diseño	109
Diseño Hidráulico del Sistema	117
Simulación Hidráulica del Sistema Contra Incendio	119
Software Utilizado para los Cálculos Hidráulicos	119
Datos necesarios para la utilización del software	120
Listado de Accesorios del Sistema	124
Diagrama de Boquilla Seleccionada para el Sistema	125
Especificaciones de Boquilla Seleccionada para el Sistema	126
VIII. CONCLUSIONES	127
XI. BIBLIOGRAFÍA	131

A Mis Padres

Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constantes, sólo deseo que comprendan que el logro mío es suyo y que mi esfuerzo es inspirado en ustedes.

Con respeto y admiración.

Miguel Ángel

- ❖ A la Universidad Nacional Autónoma de México
a su Facultad de Química y a sus maestros
No existe mejor herencia que la oportunidad de estudiar en ella.

- ❖ Con especial agradecimiento al Ing. Ramón Domínguez Betancourt
no solo por aceptar la dirección del presente trabajo de Tesis, sino
por haberme dado la oportunidad de trabajar con él a lo largo
de casi cuatro años.

- ❖ Al Ingeniero Raúl Sánchez Meza por sus valiosas enseñanzas.

- ❖ A los Ingenieros de PEMEX Guillermo Tobías y Alberto Martínez
que sin conocerme me dieron la oportunidad de terminar la presente Tesis
dentro de las instalaciones de la Terminal de Almacenamiento y
Distribución de Satélite Oriente.

- ❖ Al Ing. César Reyes por su apoyo, amistad y por sus enseñanzas siendo
yo un novato en el INCTP.

- ❖ A todos mis compañeros del INCTP por brindarme su amistad,
su apoyo y su sonrisa, en especial a *Arcelia Montes de Oca* que
prácticamente sin conocerme me brindó su apoyo y me alentó
a terminar éste trabajo.

- ❖ A mi mejor amiga desde hace 11 años, Q.A. Anabell Osuna,
por su amistad, su valiosa compañía e impulso en nuestros
años en la facultad.

- ❖ A mi mejor amigo, Dr. Aláin Hernández que aunque ya no estés conmigo
tu recuerdo ha sido para mí, fuente de perseverancia y dedicación
y me ha inspirado el seguir viviendo con valor.

- ❖ *Agradezco a cada uno de mis amigos que me tendieron su mano y pasé con ellos inolvidables momentos en mis años en la Universidad y después de ella.*

David Rojas
Rodrigo Graciano
Angelina Herrera
Erwin Sánchez
Mayra Sosa
Esteban Díaz
Luis de la Barreda
Juan Carlos Carrasco
Laura Tord
Silvia Chihu
Verónica Díaz
Isabel Cisneros
Julio Enrique Ramírez
Ignacio Ramírez

INTRODUCCIÓN



Hace millones de años, cuando el hombre deambulaba sobre la superficie de la Tierra, había muy poca diferencia que lo distinguiera de los demás animales salvajes, los dos, cazador y cazado, mataban y eran muertos. De noche se refugiaba en cuevas y semivestido con pieles de animales, ponía pedruscos a la entrada de sus refugios para detener a sus enemigos. Sobrevino entonces, un extraordinario, temprano e importante descubrimiento; durante el período paleolítico el hombre, es decir, el *Homo Erectus* descubrió el fuego y se familiarizó con él, lo cual le permitió alcanzar un importante nivel de desarrollo.

La producción del fuego por el hombre surgió de la necesidad imperiosa que tenía de protegerse del frío debido a la Era Glaciar que vivió. Los primeros hombres enfrentaron el frío utilizando su inteligencia, para ello aprendieron a utilizar el fuego proveniente de la lava de las erupciones volcánicas y el que producía al caer un rayo sobre la hierba seca ó sobre un árbol. Una vez que aquellos hombres le perdieron el miedo al fuego, aprendieron a conservarlo en sus hogares, quizás cubriéndolo con hierbas secas ó con trozos de madera. Sin el calor del fuego, al hombre le hubiera sido imposible sobrevivir en las regiones nórdicas. A medida que avanzaba el paleolítico, el *Homo Erectus* utilizó el fuego para expulsar a los animales salvajes de las cuevas con el fin de empezarlas a habitar, representando así el fuego un elemento esencial de supervivencia. Es por esta época cuando el *Homo Erectus*, quizás por pura casualidad al comerse un animal muerto por el fuego, descubre el arte de la cocción y empieza a “cocinar” la carne de las presas que cazaba.

La carne cocida no solo era más apetitosa y blanda, si no que también le proporcionaba otros nutrientes adicionales como grasas y proteínas que le aumentaban su nivel de energía y por otro lado permitía prolongar la existencia de los ancianos y enfermos al poder consumir una carne más blanda.

Quizás la consecuencia más relevante de la cocción de los alimentos por parte del *Homo Erectus* fue el cambio en su apariencia física entre los cuales los más importantes fueron la disminución de la estructura maciza de los huesos del cráneo.

A medida que el *Homo Erectus* avanzaba en la utilización del fuego, descubrió otros usos prácticos como los de endurecer con él los huesos o la cornamenta de los ciervos y utilizarlos como armas y herramientas más eficientes. De igual manera descubrió que era posible aumentar el nivel de penetración de las puntas de las lanzas hechas de madera al pasarlas por el fuego. A pesar de los grandes adelantos en la utilización del fuego, el *Homo Erectus* tardó mucho tiempo en aprender a encender el fuego a voluntad, si es que llegó a aprenderlo, todo apunta a que fue más una casualidad al observar las chispas que surgían al golpear una piedra sobre otra, que como resultado de un proceso analítico o experimental.

Es impresionante imaginarse como el *Homo Erectus* aprendió a llevarse el fuego en sus desplazamientos y a mantenerlo en forma permanente, quizás lo hacía transportando brazas encendidas ó mediante antorchas de combustión lenta. El *Homo Erectus* utilizó el fuego para cazar, para ello utilizaba la táctica de prenderle fuego a los bosques o al lugar donde se hallaban los animales que deseaba cazar y una vez que éstos salían espantados por el fuego les daban muerte mediante la utilización de lanzas, garrotes y hachas de piedra. El fuego para el hombre fue definitivamente el elemento vital que le permitió empezar a vivir en comunidades y a conformar el núcleo familiar.

El fuego le permitió prolongar su jornada una vez que caía la noche ya que junto al calor del hogar podía fabricar sus armas, herramientas, cocer los alimentos, comerlos, protegerse de las fieras, dormir y quizás el aspecto más importante y definitivo en su evolución: desarrollar el lenguaje al tener tiempo disponible de ocio al final de su jornada diaria de caza.

Finalmente, el hombre aprendió a cocer la arcilla, haciendo así posible la alfarería. También aprendieron a calentar arena y hacer vidrio con ella, y a calentar minerales para extraer metales.

Dicho en pocas palabras, el fuego fue el principio indispensable de la tecnología humana. Así, pues, una vez que aprendió a producir fuego, tuvo sin embargo, que aprender a controlarlo.

Deben haberse producido grandes incendios en la maleza y en las selvas; también en las cuevas y muchos, por no decir que todos los incendios sin control, deben haber mutilado no sólo a la familia del hombre sino a los animales que eran su dieta básica. Por lo mismo, muy pronto debe haber descubierto que el agua, precioso líquido, era el medio más efectivo para extinguirlo. Y es sorprendente el hecho de que aún hoy, millones de años después del descubrimiento por el hombre para producir fuego, el agua es todavía el más efectivo agente de extinción en el combate contra incendio. Desde luego, hoy en nuestros días, existen nuevos agentes de extinción del fuego a la mano, para eludir ciertos riesgos del incendio y de los diferentes tipos; y precisamente su objetivo principal de éstos agentes en el combate de incendios es lograr un control y extinción rápido. Ese objetivo se puede lograr sólo si el agente extintor se lleva al lugar donde está el incendio y en cantidad suficiente; los sistemas extintores de incendios fijos pueden hacer eso precisamente.

Los sistemas de extinción de incendios deben ser confiables y capaces de ponerse en servicio en pasos sencillos y lógicos. Mientras más sofisticado sea el sistema, más fundamental es que el equipo esté correctamente diseñado e instalado.

Los Sistemas de Protección Contra Incendios deben, en la mayoría de los casos servir únicamente para combatir incendios. Si su diseño o instalación no son los apropiados, se puede tener un falso sentido de seguridad y puede ser tan peligroso como no tener ninguna instalación. El vocablo "Protección Contra Incendio" es a veces mal interpretado, para muchos es sinónimo de "Maniobras Contra Incendio". Sin embargo, la protección contra incendio es una expresión que abarca todas las medidas para la prevención, control, investigación y extinción de incendios, así como la protección de la vida humana y la conservación de los equipos, materiales, instalaciones y edificios.

La protección contra incendio abarca tres etapas distintas que se complementan una con otra; investigación, prevención y el combate de incendios.

La investigación de los incendios que se presentan, nos sirve para encontrar las causas que los motivaron, eliminar las condiciones peligrosas existentes y evitar los actos peligrosos que se cometieron, dictando las medidas necesarias para evitar su repetición.

La prevención es la etapa de aplicación de todas las medidas tendientes a evitar la iniciación de un incendio. Se debe decir de manera enfática que las medidas de prevención de incendios constituye la fase más importante en la protección contra ese elemento. Ésta se logra por medio de indicaciones pertinentes al ejecutar trabajos peligrosos tales como: colocar cortinas ó niebla de agua, tipo de extintor más adecuado al trabajo a realizar; de igual forma debe tenerse especial cuidado en lugares tales como purgas, drenajes, bombas donde se manejen materiales que puedan incendiarse, así como fuentes generadoras de fuego como son instalaciones eléctricas. Finalmente es parte complementaria de la prevención el mantener siempre en buenas condiciones de uso todos los equipos e instalaciones contra incendio, tales como extintores, hidrantes, monitores, mangueras, bombas, etc,

El combate de incendios es la acción directa para extinguir un fuego o incendio cuando se ha iniciado, bien sea por medio de extinguidores, agua ó espuma según el caso; básicamente consta de tres pasos:

- 1.- Localización
- 2.- Confinación
- 3.- Extinción

Un factor importante que debe tener en cuenta durante el combate de incendios es la dirección del viento (esto es para la colocación del equipo, avance del personal y los equipos a proteger); así como la topografía del lugar, vías de acceso y la más importante de todas, las características de los combustibles incendiados.

El adelanto técnico en el proceso de obtener diferentes productos con diversas materias primas a alta, mediana o bajas temperaturas, nos puede causar serios problemas en los cuales el incendio se inicie debido a productos o subproductos obtenidos cuando éstos salen fuera de control debido a fugas, fallas de material ó errores humanos.

Este adelanto en la técnica industrial de obtener nuevos productos partiendo de diversas materias prima con los riesgos subsecuentes de incendio hayan mejorado para tratar de controlar y combatir al mismo. Las técnicas de contra incendio han mejorado debido a los conocimientos de los procesos que se están usando en la industria.

Toda área de proceso o de almacenamiento de productos combustibles e inflamables está sujeta a riesgos de incendio debido a las condiciones de operación a que está sujeto el equipo, por lo tanto debe existir una protección adecuada contra incendio. Por consiguiente, las condiciones de temperatura y presión pueden cambiar por completo el panorama de la protección contra incendio.

Los objetivos de la protección contra incendio son disminuir los accidentes la pérdida del personal, daños en las instalaciones e interrupciones de la producción.

El combate de incendios reviste de una gran importancia la distribución y cálculo de redes hidráulicas, así como los sistemas de sustancias químicas. Ya se trate de instalaciones industriales ó petroleras, el correcto diseño permitirá el que se combata en forma eficaz una emergencia.

Cuando éste tipo de instalaciones son inadecuadas a los riesgos que pretende proteger, además de no cumplir con su objetivo, ponen en peligro las vidas de las personas que las emplean.

No importa el tipo de incendio que se presente, para combatirlo se va requerir agua, ya sea en la extinción o bien para proteger vidas e instalaciones.

I. Objetivo

El diseño de redes de agua contraincendio para plantas de PEMEX normalmente se fundamenta en códigos internacionales como lo es NFPA, la normatividad nacional y la normatividad interna de PEMEX. El presente trabajo menciona la teoría del fuego, las diferentes especificaciones y requisitos de seguridad que tienen que cumplir un área de carga y descarga de líquidos inflamables, características de los señalamientos con los que debe contar los vehículos que transporten sustancias químicas peligrosas como lo es en éste caso líquidos inflamables, clasificación de los líquidos inflamables, combustibles y sus propiedades, espumas contraincendio, características de éstas y su clasificación, normatividad mexicana e internacional en que está basada la protección contraincendio. Por último, se diseña una red de agua contraincendio a base de aspersores agua-espuma.

Por tanto el objetivo de éste trabajo es:

- Diseñar bajo la metodología que establece la normatividad de Petróleos Mexicanos y la Asociación Nacional De Protección Contra el Fuego (NFPA), una red de agua contra incendio a base de aspersores agua-espuma para un área de carga de autotanques de líquidos combustibles e inflamables de una Terminal de Almacenamiento y Distribución perteneciente a Petróleos Mexicanos.

CAPÍTULO II TEORÍA DEL FUEGO

Es muy difícil describir en un solo capítulo las reacciones químicas que tienen lugar durante un fuego, ya que las variables principales que participan –algo que arda (combustible), una fuente de ignición, y el oxígeno necesario para mantener la combustión- son infinitas. Aunque se sigue avanzando en los conocimientos sobre las llamas, el calor y humos, sobre la ignición, combustibilidad y propagación de la llama de sólidos, líquidos y gases, todavía es imposible predecir con exactitud la probabilidad de comienzo de un incendio o las consecuencias del mismo. Así pues, aunque el estudio de fuegos controlados en laboratorio proporciona información muy útil, la mayoría de los fuegos suceden y se desarrollan bajo una amplia gama de condiciones muy variadas. Este hecho se complica todavía más debido a que el desarrollo de cualquier incendio varía desde el momento de su descubrimiento hasta el momento en que se aplican las medidas de control.

¿Qué es el Fuego?

“El fuego es un proceso de oxidación rápido, automantenido, acompañado de un desprendimiento de calor y luz de intensidad variable”.

Con esta definición puede decirse que todos los fuegos son exotérmicos y que el tiempo de reacción es un factor importante a considerar. Ésta definición contiene tres palabras clave: rapidez, automantenimiento y oxidación. La oxidación es una reacción química en la que dos materiales –un agente oxidante y un agente reductor- se combinan para formar productos menos reactivos que los materiales de origen.

La combustión es un tipo particular de reacción de oxidación en la que el oxígeno es el agente oxidante y el combustible es el agente reductor. Los agentes reductores o combustibles más comunes son los materiales que contienen grandes porcentajes de carbón e hidrógeno.

Al igual que todos los procesos de reacción, los fuegos implican dos tipos de componentes muy diferentes:

1. Un agente oxidante
2. Un agente reductor

El agente oxidante es aquella sustancia que se puede combinar u oxidar con otra, como puede ser un combustible o uno de los muchos metales elementales o sólidos no metálicos. La reacción que tiene lugar produce la oxidación del agente reductor (combustible o elemento metálico) y la reducción del agente oxidante.

Los procesos de oxidación y reducción se caracterizan por un intercambio de electrones. Un agente oxidante es aquella sustancia capaz de aceptar electrones adquiriendo una carga negativa y un agente reductor es aquella sustancia capaz de perder o ceder electrones.

En este intercambio electrónico la capacidad del agente oxidante para oxidar disminuye y se dice que se ha reducido.

La siguiente palabra clave es “automantenido”. Si el proceso de oxidación se dice que es automantenido, quiere decir que continúa creciendo, o al menos se mantiene por sí mismo.

La reacción que produce la oxidación entre una pequeña cantidad de oxígeno y una pequeña cantidad de combustible, puede producir energía para desencadenar la oxidación entre otras dos pequeñas cantidades de oxígeno y combustible. De ésta manera la reacción de combustión continúa como si fuera una cadena.

La Tercera palabra clave es “rapidez”. La reacción de combustión puede suceder con suficiente rapidez como para producir un exceso de energía, desprender calor, luz y desarrollarse. La combinación de los términos rapidez y reacción de oxidación automantenida da lugar al término “reacción en cadena”. Este concepto se representa tomando el triángulo del fuego y transformándolo para convertirlo en un tetraedro. Cada cara del tetraedro posee una arista común con alguna de las otras tres caras. Esto demuestra de forma muy simple la interdependencia de combustible, calor o energía térmica, oxígeno y reacción en cadena.

Se concluye entonces que la combustión requiere una energía de activación, unas reacciones en cadena en las que intervienen radicales libres y, en el caso de extinción de la llama, radicales libres que interrumpan las reacciones.

REACCIÓN EN CADENA DE LA COMBUSTIÓN

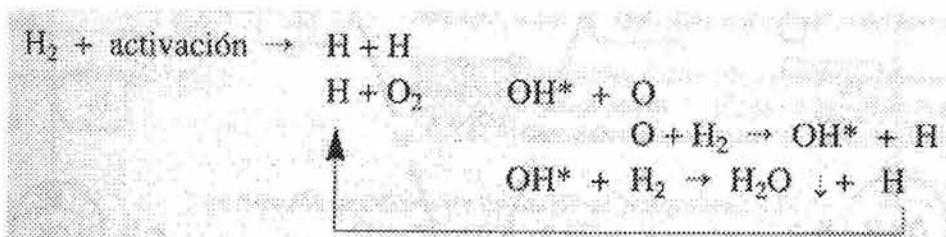
La reacción de combustión tiene lugar en un período determinado que varía según la proximidad y subdivisión de los dos componentes reactivos. La combustión es una reacción en cadena, o lo que es lo mismo, una reacción química automantenida, que desprende energía y que ocasiona nuevas reacciones del mismo tipo en las que intervienen radicales libres.

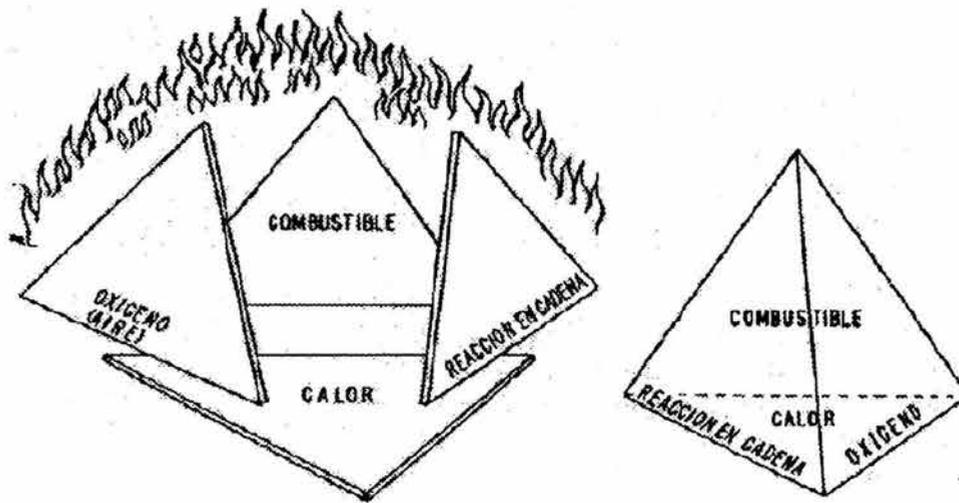
Si bien los radicales son neutros, son muy reactivos debido a que contienen un número impar de electrones (usualmente siete) en su capa más externa, en vez de una configuración estable de gas noble (un octeto). Pueden adquirir esta configuración de varios modos. De modo que un radical libre puede sustraer un átomo de otra molécula, dejando un nuevo radical.

La típica reacción en cadena en cuanto a la oxidación, es la reacción de hidrógeno con oxígeno, la cual se pueden representar de la siguiente manera:

1. **Paso de iniciación: Producción inicial de radicales** Este paso comienza la reacción produciendo radicales reactivos.
2. **Pasos de propagación:** Una vez que se han formado radicales hidrógeno en pequeñas cantidades, se realizan las etapas de propagación. Cuando un radical hidrógeno (altamente reactivo) choca con una molécula de oxígeno, sustrae un átomo de oxígeno para producir un radical hidroxilo (OH^{*}) y Oxígeno.

Este elemento reacciona posteriormente con H₂, para formar hidrógeno y un radical hidroxilo como nuevos productos. El radical hidroxilo vuelve a iniciar el ciclo en el primer paso de propagación reaccionando con H₂. Una vez que la secuencia se ha iniciado, se transforma en un ciclo autosostenido en el que se repiten los pasos anteriores, de modo que el proceso global es una reacción en cadena.



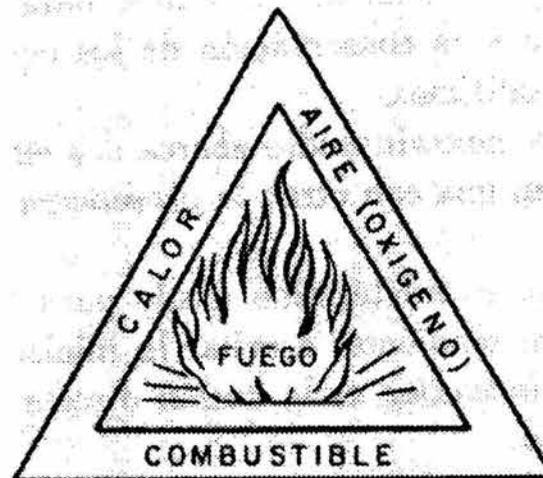


PIRAMIDE DEL FUEGO

El triángulo del fuego muestra la secuencia de ignición, y el tetraedro del fuego representa el crecimiento o desarrollo de un fuego.

De lo anterior podemos deducir que la ignición requiere tres elementos que son representados por el triángulo del fuego y que son:

1. **COMBUSTIBLE.**- El combustible para poder arder, se debe encontrar en forma de vapor; por ejemplo, si le aplicamos un cerillo a un trozo de madera, ésta no se prende, ya que no llega a producir vapores. El caso contrario son los líquidos muy volátiles como la gasolina que debido a la fuerte vaporización que presenta, arde con mucha facilidad.
2. **OXÍGENO DEL AIRE.**- Como se ha mencionado el combustible se combina con el oxígeno del aire al arder, de ahí que el oxígeno se le denomine “comburente”, ya que ayuda a la combustión. Existen otras sustancias que tienen el mismo efecto del oxígeno, como es el cloro.
3. **ENERGIA (Calor).**- El calor es una forma de energía y trae como efecto la elevación de la temperatura de los reactivos iniciando la reacción.



El paso de ignición a combustión automantenida requiere un cuarto elemento, la reacción en cadena representada por el tetraedro ó pirámide del fuego.

Para resumir, la ignición requiere tres elementos: combustible, oxígeno y energía. El paso de ignición a combustión automantenida requiere un cuarto elemento, la reacción en cadena.

La necesidad de incorporar un cuarto componente al triángulo del fuego para describir completamente los mecanismos de extinción, surgió hasta la década de los 60's cuando se introdujo el concepto del tetraedro para describir gráficamente los cuatro elementos precisos para la propagación y extinción de un incendio.

El tetraedro representa los cuatro componentes necesarios para la propagación de un incendio y refleja también que la eliminación de cualquiera de ellos conduce a la extinción.

El conocimiento de la pirámide del fuego de las cuatro formas fundamentales para la prevención ó extinción de incendios, las cuales son las siguientes:

1. Desplazamiento o dilución del aire u oxígeno, hasta un punto en el que cesa la combustión.
2. Desplazamiento del combustible hasta que no exista ningún remanente para oxidarse.
3. Enfriamiento del combustible hasta que no se emita vapores y su energía de activación disminuya de forma que no generen átomos activos o radicales libres.
4. Interrupción de la reacción en cadena de la combustión, por inyección de compuestos capaces de inhibir la producción de radicales libres durante su período de vida.

PROPIEDADES PELIGROSAS DE LOS COMBUSTIBLES

Ya se habló de la necesidad de que el combustible se encuentra en forma de vapor para poder arder, lo que nos muestra la importancia de la temperatura a la que empieza a desprender vapores un combustible, a esta temperatura se le llama “TEMPERATURA DE IGNICIÓN” ó “FLASH POINT”.

Otro dato importante de los combustible es la “TEMPERATURA DE AUTO IGNICIÓN” es la temperatura a la cual la reacción de combustión se inicia por sí sola sin necesidad de una fuente de ignición. Dicha temperatura, variable según el método utilizado para su determinación, depende de la dimensión, la forma y la naturaleza de las paredes de los recipientes que contienen la mezcla aire-vapor inflamable, así como de la presión de esta última y de otros numerosos factores.

Para que sea posible la ignición, debe existir una concentración de combustible suficiente en la atmósfera oxidante dada. Una vez que ésta comienza, mantener el estado de combustión exige un suministro continuado de combustible y oxidante ya que si la cantidad de vapores es muy pequeña la mezcla estará pobre y no arderá; en el caso de que la cantidad de vapores combustibles sea muy alta, será una mezcla muy rica y tampoco arderá.

Para que la mezcla sea inflamable, se necesita que esté dentro de ciertos límites que se denominan LÍMITES DE INFLAMABILIDAD.

EL LÍMITE BAJO de inflamabilidad nos determina la proporción de vapores a partir de la cual la mezcla arderá. El LÍMITE ALTO DE INFLAMABILIDAD es el mayor porcentaje de sustancia en aire en el que la mezcla puede arder.

Porcentajes de sustancia superiores a este valor no permiten la combustión de la mezcla por ser muy ricas.

A estos límites también se les llega a llamar “límites de explosividad” ya que la mezcla inflamable puede ocasionar explosiones. Pero la “explosiones” no son más que la combustión en un lugar confinado o cerrado.

FUENTES DE IGNICIÓN

Como la prevención y extinción del fuego dependen del dominio que se ejerza sobre la energía calorífica, es importante conocer las formas más comunes en que se produce dicha energía. En general las fuentes de ignición se agrupan de la siguiente forma:

Existen básicamente cuatro fuentes de energía calorífica:

- a) Química,
- b) Eléctrica,
- c) Mecánica,

ENERGÍA CALORÍFICA QUÍMICA

Calor De Combustión. El calor de combustión es la cantidad de calor emitido durante la completa oxidación de una sustancia; es decir, la conversión de la misma en dióxido de carbono y agua. El calor de combustión, generalmente llamado calorífico depende del tipo y número de los átomos de la molécula, así como de su disposición.

Calentamiento Espontáneo. El proceso de aumento de temperatura de un material dado sin que para ello extraiga calor de su entorno se llama calentamiento espontáneo. El calentamiento espontáneo de un material hasta su temperatura de ignición tiene por resultado la ignición espontánea o la combustión espontánea.

Calor de disolución: Es el que se desprende al disolverse una sustancia en un líquido. La mayor parte de las materias emiten calor al disolverse, aunque su cantidad no es generalmente suficiente para que tenga algún efecto significativo en lo que respecta a la protección contra incendios.

Algunos productos químicos emiten calor en cantidades que pueden llegar a ser peligrosas. Los productos químicos que reaccionan en el agua de ésta manera no son combustibles por sí mismos, pero el calor liberado puede ser suficiente para producir la ignición de algún material combustible próximo.

ENERGÍA CALORÍFICA DE ORIGEN ELÉCTRICO

Puesto que la energía eléctrica se utiliza de muchas formas, suele ser una causa común de los incendios. Existen cinco formas de energía eléctrica que deben prevenirse, desde el punto de vista de inicio de un incendio. Estas cuatro formas son: la resistencia, los arcos eléctricos, la electricidad estática y los rayos.

Calor Por Resistencia. El calor de una resistencia se produce por una sobrecarga de los conductos eléctricos o porque los equipos eléctricos generan calor cuando funcionan. Los cableados eléctricos, interruptores, o conexiones que se calientan durante la transmisión de electricidad debido a que transportan mayor carga, son peligrosos cuando están situados cerca de materiales combustibles. Las bombillas incandescentes, situadas en lugares pequeños, constituyen un riesgo para los materiales combustibles cercanos.

Calor Debido Al Arco Eléctrico. El calor por arco eléctrico se produce cuando la energía se descarga a través del aire, debido a una discontinuidad en la conexión de un aparato, ó también en interruptores y cajas de fusibles.

Cuando no se realiza una conexión eléctrica correcta en un interruptor ó equipo eléctrico, en el que algún tornillo esta suelto o algún contacto metal-metal mal asegurado, puede producirse un arco eléctrico y generarse calor en la unión. Este calor puede ser suficiente para producir la ignición ó combustión de los materiales o combustibles cercanos. Desafortunadamente, el arco de los contactos eléctricos no suele observarse hasta que se genera calor y se produce la ignición.

La temperatura de los arcos eléctricos es muy alta y el calor emitido puede ser suficiente para producir la ignición del material combustible o inflamable que pueda haber en sus cercanías.

Calentamiento por Electricidad Estática: La Electricidad estática, algunas veces llamada también electricidad por fricción, corresponde a una acumulación de carga eléctrica en la superficie de dos materiales que se han unido y separado después. Las superficies se cargan entonces positiva y negativamente. Si estas sustancias no estuvieran conectadas o puestas a tierra podrían asimilar suficiente carga eléctrica para producir una chispa.

Estas chispas ocasionadas por la carga eléctrica, no generan calor suficiente como para producir la ignición de combustibles ordinarios como papel, pero pueden provocar la ignición de gases inflamables y de polvos.

Calor Generado Por El Rayo. Los rayos constituyen una fuente de energía de tipo eléctrico, a pesar de que ocurren con escasa frecuencia. Cuando la descarga de un rayo entra en contacto con la madera ó con otro material de construcción, sus efectos caloríficos provocan una inmediata carbonización y destrucción de los materiales. La disipación de la energía de los rayos puede efectuarse hacia la tierra, a través de conductores eléctricos metálicos. La forma más utilizada de llevar a cabo esta conducción es a través de pararrayos metálicos.

ENERGÍA CALORÍFICA DE ORIGEN MECÁNICO

Calor Por Fricción. La energía mecánica empleada para vencer la inercia (resistencia al movimiento) de sólidos en contacto entre sí, se llama calor por fricción. Cualquier fricción genera calor, que si no se dispersa rápidamente, puede originar un incendio. El peligro depende de la cantidad de energía mecánica transformada en calor y de la tasa de generación calorífica.

Chispas Por Fricción. Cuando dos superficies duras, una de las cuales al menos es metálica, chocan entre sí, este impacto produce chispas, llamadas de fricción, que pueden producir incendios.

COMO SE INICIA UN INCENDIO

Un incendio se puede iniciar por diferentes causas que son varias y pueden agruparse del siguiente modo:

- causas naturales: efecto del sol, por ejemplo vidrios rotos;
- causas humanas: imprudencias, ignorancia de los peligros, mala vigilancia, fogatas mal apagadas, trabajos mediante calor (empleo de soplete, soldadura al arco, etc.)

- corriente eléctrica: instalaciones sobrecargadas, provisionales y viejas.
- aparatos de calefacción con llama viva y las chiméneas.
- líquidos inflamables, esencialmente en la industria. Los vapores que éstos emiten son inflamables y forman, con el aire, una mezcla explosiva.
- gases de combustión inflamables, mezclados con el aire, explotan cuando entran en contacto con un punto en ignición.
- la electricidad estática debida al frotamiento de dos cuerpos y que puede producir chispas.
- (fricción de correas de transmisión, utilización de fibras y tejidos artificiales, aparatos a muy alta tensión, etc.). Únicamente una puesta a tierra bien proyectada puede eliminar este peligro.
- causas diversas tales como: sobrecalentamientos mecánicos (rodamientos mal lubricados), inflamaciones espontáneas (descargas, polvo de carbón), reacciones químicas mal controladas, etc.

PROPAGACIÓN DEL FUEGO

Al haber una combustión, el calor es conducido en todas direcciones. En algunos incendios se ha visto que la edificación que está ardiendo desprende tanto calor que pueda causar la ignición de otras que se encuentren a cierta distancia.

Esta forma de transmisión de calor se llama **RADIACIÓN**, y es uno de los principales métodos con que se propaga el fuego en las áreas urbanas.

Básicamente este mecanismo de pérdida de calor consiste de ondas electromagnéticas las cuales tienen la propiedad de transportarse aún en el vacío, la ecuación que predice las pérdidas de calor por radiación es la Ecuación de Stefan - Boltzman

$$Q = s A \epsilon T^4$$

en cuya expresión:

Q = Flujo de Calor

s = Constante de Radiación

A = Área de Transferencia

ϵ = Emisividad del Cuerpo Radiante

T = Temperatura de la Superficie

El fuego también se propaga por CONDUCCIÓN. La transferencia de calor por contacto directo entre otros dos cuerpos se llama conducción. Por ejemplo, una tubería de vapor en contacto con una pieza de madera transfiere su calor a la madera por contacto directo; en este ejemplo, la cañería es el conductor.

Los sólidos son mejores conductores de calor que los gases: los mejores aislantes térmicos comerciales consisten en pequeñas partículas o fibras de sustancias sólidas cuyos intersticios están ocupados por aire.

La conducción de calor no puede impedirse totalmente por ningún material termoaislante. En este aspecto, los materiales aislantes térmicos pueden tener una conductividad térmica muy baja, pero sea cual sea el espesor del espacio entre la fuente de calor y el material del combustible, puede no ser suficiente para impedir la ignición de este último.

Los primeros adelantos acerca de la conducción de calor se deben, en gran parte a los esfuerzos del matemático francés Fourier (1822), que propuso la ley que hoy se conoce como ley de la conducción de calor de Fourier que predice cómo se conduce el calor a través de un medio, partiendo de una región de alta temperatura a una región de baja temperatura.

La ecuación que predice la disipación de calor por un mecanismo de conducción es precisamente la Ley de Fourier.

$$Q = -K A \frac{dT}{dx}$$

en cuya expresión:

Q = Disipación del Calor

K = Conductividad Térmica del Material

A = Área de Transferencia de Calor

x = Espesor del Material Donde Se Lleva Acabo El Fenómeno

T = Temperatura

Por la CONVECCIÓN, el calor se transfiere a un medio circundante, gaseoso o líquido. Así el calor generado por una estufa se distribuye por una habitación al calentarse el aire por conducción, pero el calentamiento de los objetos que se encuentren en la habitación distante de la estufa, a través de la circulación del aire caliente, se debe a la transferencia por convección. El calor se transfiere del aire a estos objetos por conducción. El aire caliente se expande y se eleva, y por esta razón la transferencia de calor por convección ocurre en sentido ascendente aunque puede conseguirse que las corrientes de aire transfieran el calor por convección en muchas direcciones. El fenómeno de convección se presenta de dos maneras; convección natural y convección forzada.

La convección natural se debe a cambios de densidades del fluido que se da sobre la superficie ocasionada por la diferencia de temperaturas.

La convección forzada es debido a cambios más rápidos en la densidad del fluido favorecida por agentes externos.

En ambos casos la ecuación que predice la pérdida de calor por un mecanismo de convección es la ecuación de Newton.

$$Q = h A (T_s - T)$$

en cuya expresión:

Q = Pérdida de Calor

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección natural o forzada

A = Área de transferencia

T_s = Temperatura de la Superficie

T = Temperatura del Fluido

CLASIFICACIÓN DE FUEGOS.

Los fuegos se clasifican según el tipo de combustible que está ardiendo, ya que éste es quien determina su método de extinción apropiado. Se clasifican en cuatro clases y que son:

Clase de Fuegos	Tipo de Combustible	Método de Extinción	Agente Extinguidor
A	Combustibles Ordinarios Madera, Papel, Caucho, Telas y Muchos Plásticos	Enfriamiento	Agua, Espuma, Polvo Químico tipo ABC
B	Líquidos y Gases Combustibles e Inflamables. Gasolina, aceites, lacas y brea	Sofocamiento	Espuma Polvos Químicos Tipo ABC Polvo Químico tipo BC CO ₂
C	Fuegos que involucran equipo eléctrico	Sofocamiento	CO ₂ Polvos Químicos Tipo ABC
D	Metales combustibles o Aleaciones de Metales	Sofocamiento	Polvo Especial Para Incendio Clase D

CAPÍTULO III LLENADERAS DE AUTOTANQUES

LLENADERA. Es la instalación donde se trasvasa producto de los tanques de almacenamiento a los autotanques para su distribución

LOCALIZACIÓN GENERAL

1. Las llenaderas de autotanques deben instalarse en una misma zona, ubicada en un área de operación y situada en el proyecto tipo, por lo regular entre la zona de tanques de almacenamiento, y las oficinas administrativas, siendo ésta el área central de las instalaciones, lugar adecuado para la maniobra de los autotanques.
2. La separación de ésta debe ser como mínimo de:
 - 2.1. 75.0 m con respecto a casas habitación
 - 2.2. 30.0 m con respecto a cualquier otra instalación del área y sistemas de tuberías.

DISEÑO

Requisitos Mínimos de Diseño del área de llenaderas.

- a) Las dimensiones de las llenaderas de autotanques deben ser tales que proporcionen la mayor seguridad y comodidad en las operaciones, así como acceso y maniobrabilidad de los autotanques.
- b) La altura de la estructura de las llenaderas debe ser como mínimo de 6.60 m.
- c) La longitud mínima total de la llenadera debe ser de 15 m.
- d) El ancho mínimo de la guarnición de la llenadera (isla) debe ser de 1.30 m.
- e) La longitud mínima del área de llenado debe ser de 15.0 m, a partir del centro de la columna.
- f) La separación mínima entre llenaderas debe ser de 3.50 m, para la carga de un solo autotanque.

CONSTRUCCIÓN

- a) Los materiales empleados en la construcción de las llenaderas deben cumplir con las características y propiedades necesarias para soportar las condiciones de operación durante su instalación y vida útil.
- b) Los materiales utilizados en la construcción de las llenaderas deben ser incombustibles
- c) El equipo e instalaciones eléctricas deben ser a prueba de explosión.
- d) El área de llenaderas debe contar con un sistema contraincendio de capacidad suficiente para proteger toda el área, y tener las vías de acceso necesarias para, en caso de emergencia, operarlo manualmente; así como para realizar maniobras de mantenimiento.



Vista de autotanque en una de las islas cargando producto



Vista de autotanques cada uno en sus respectivas islas cargando producto

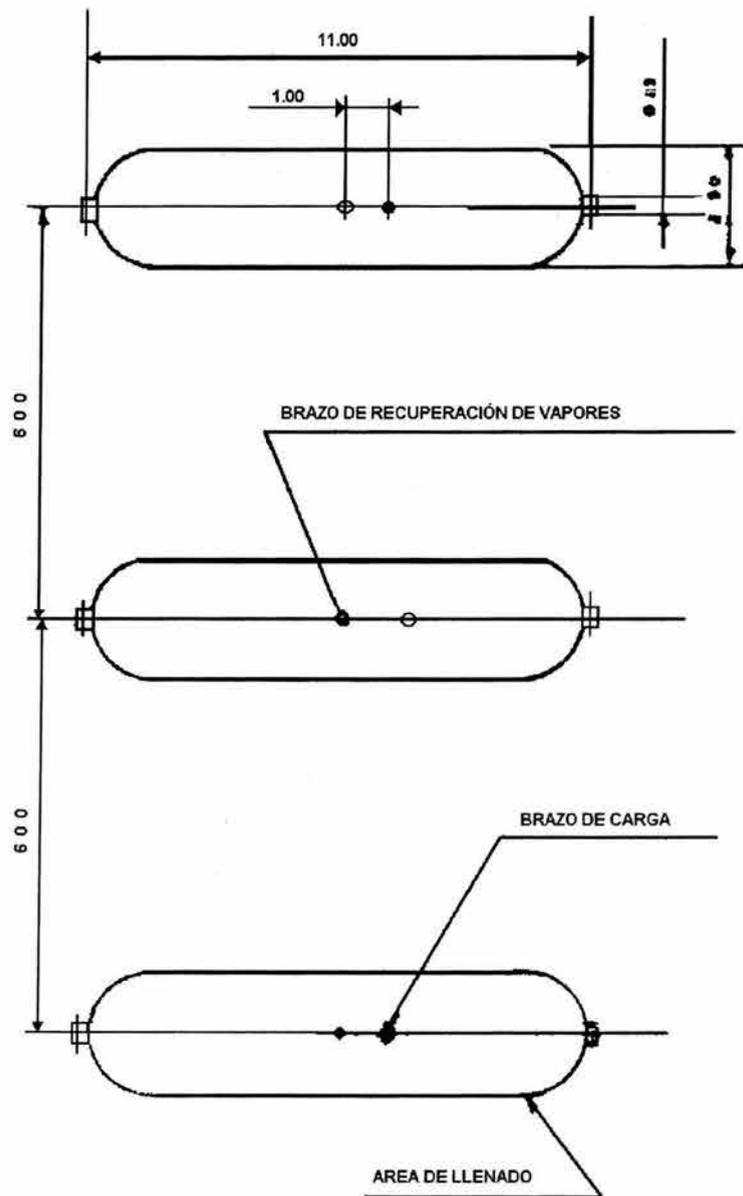


Fig. 3.2 Distancia entre llenaderas

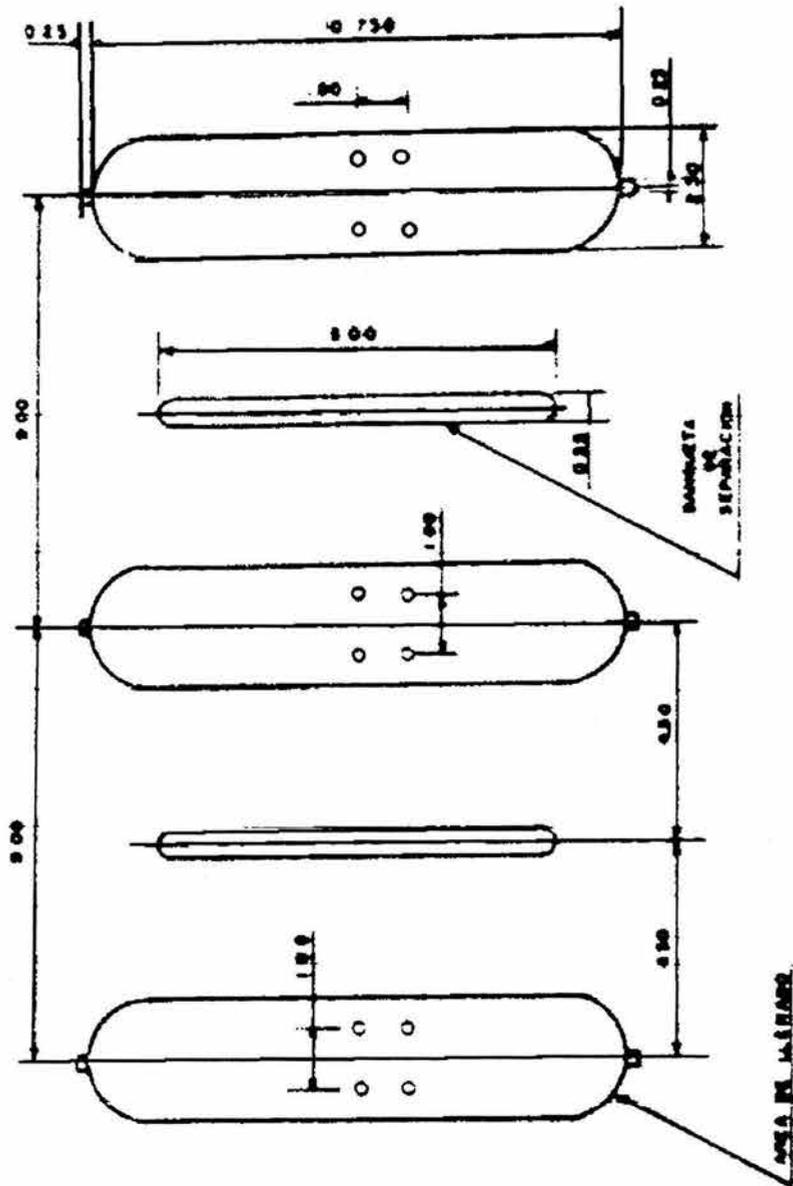


Fig. 3.3 Distancia entre llenaderas

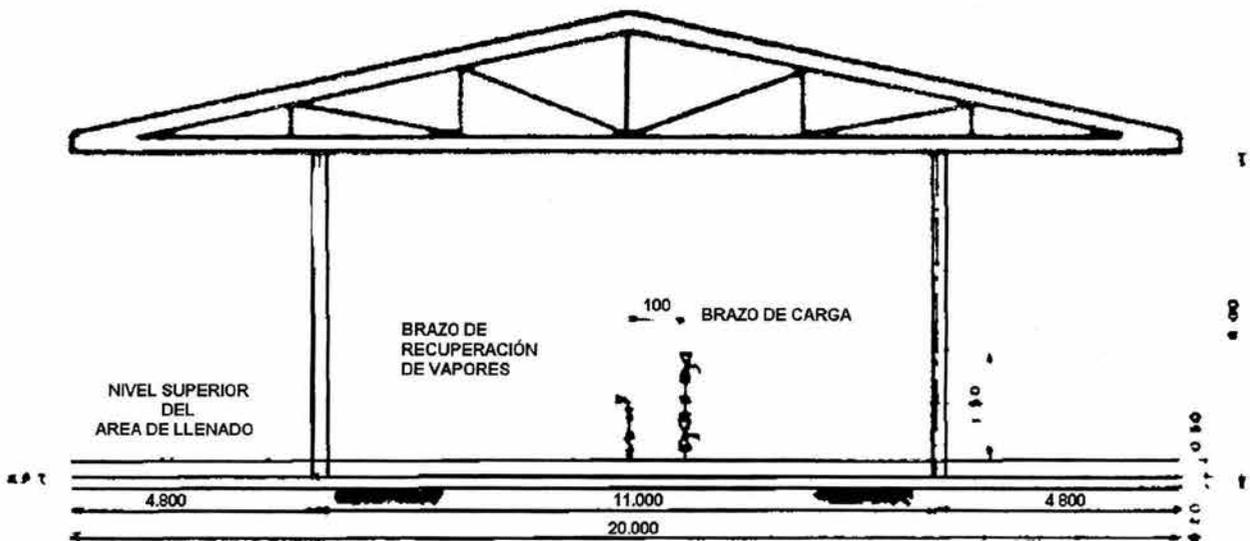


Fig. 3.5 Cobertizo



Imagen panorámica de un área de llenaderas, se observa al fondo un autotanque en operación de carga de producto



Imagen de una nave de llenado, que a su vez se compone de 9 llenaderas, a donde los autotanques arriban a las diferentes islas para cargar producto

AUTOTANQUE. Es todo recipiente para trabajar a presión o en condiciones atmosféricas, montado sobre estructura (chasis) común al motor de locomoción o bien sobre una estructura independiente a éste; el recipiente, por razones de tamaño, construcción y montaje, debe ser cargado o descargado sin separarlo del motor. El rodamiento del auto tanque debe realizarse mediante llantas de hule.



Imagen de un autotanque de 20,000 lts de capacidad utilizado para transportar producto

BRAZO DE CARGA (garza). Dispositivo mecánico para la transferencia de fluidos a través de tuberías de los tanques de almacenamiento a los autotanques.

GARZAS METÁLICAS

Se instalarán garzas metálicas (a prueba de ruptura), para el llenado de autotanques, con el fin de evitar posibles fugas de producto debido a rupturas de las garzas.

SISTEMA ELÉCTRICO A PRUEBA DE EXPLOSIÓN.

El equipo e instalaciones eléctricas de las llenaderas debe ser a prueba de explosión y para la instalación de los conductores eléctricos debe usarse tubería conduit metálica rígida con rosca y sellos a prueba de explosión.

SISTEMA DE CONEXIÓN A TIERRA.

La conexión a tierra elimina la posibilidad de una descarga electrostática entre los elementos que forman el sistema de llenado y el auto tanque, pero no evita que cuando el producto que se está llenando es poco conductivo, éste acumule carga electrostática y pueda ocurrir una descarga en el interior del tonel. En éstos casos deben aumentarse las precauciones tendientes a reducir la generación electrostática y a incrementar la disipación, ya que tratar de controlar la mezcla inflamable resulta particularmente difícil en el caso de líquidos inflamables cuyas presiones de vapor producen mezclas inflamables a las temperaturas de llenado. Sin embargo, donde no pueda evitarse del todo la posibilidad de que ocurra una chispa electrostática, puede controlarse la mezcla inflamable, ya que ésta no puede incendiarse a menos que la proporción de vapor-aire se encuentre dentro de los límites de inflamabilidad.

Con objeto de evitar en lo posible la ocurrencia de accidentes debidos a la electricidad estática en las instalaciones de llenado de autotanques con líquidos inflamables, las instalaciones deben cumplir con las siguientes condiciones que se nombran a continuación:

- a) En todas las llenaderas debe contar con un sistema de conexión a tierra. La conexión a tierra debe hacerse de manera que se interconecten entre sí la garza, la tubería de carga, la estructura de la llenadera y el tonel del autotanque y después todo el conjunto al sistema de tierras. El Sistema de Conexión a Tierra debe ser a base de una conexión hembra o scully, la cual se tiene que acoplar con la conexión macho ubicada en la caja de válvulas de cada autotanque.
- b) El sistema de conexión a tierra y prevención de derrames es el conector múltiple que aterriza el autotanque, activa el sensor óptico para prevención de derrame y sobrellenado, es permisivo para el inicio de carga en el autotanque y monitorea su funcionamiento.
- c) Se conectará a tierra el equipo en el sitio señalado cerciorándose que las conexiones estén libres de grasa, pintura o cualquier otro elemento extraño que impida su buen funcionamiento

El único medio seguro de disipación de la carga estática generada es la conexión a tierra del vehículo antes de iniciar las maniobras de carga o llenado del mismo.

CONTROL DE DRENAJES

El sistema de drenaje pluvial del área de llenaderas debe tener la capacidad suficiente para captar la precipitación pluvial máxima del área, para lo cual se tomarán cuando menos los datos estadísticos meteorológicos de la zona de 10 años anteriores a la fecha de diseño, considerando además el aporte adicional de agua contra incendio requerido para protección de los equipos (aspersores, cortinas de agua o chorro directo). Las aguas recolectadas por este sistema se descargarán al sistema de agua de la localidad.

Drenaje Industrial. A cada lado de las islas de llenado deberá existir un drenaje para que en caso de derrame, el recorrido de éste hacia aquél sea mínimo. En la conexión de éste drenaje con el principal deberá existir un sello hidráulico. En ambos lados de la nave de llenado deberán construirse además, trincheras a donde irán solamente los derrames ocurridos en las islas, las cuales estarán protegidas por un techo. En la conexión de este drenaje con el principal, deberá existir un sello hidráulico.

SISTEMAS DE SEGURIDAD

Sistemas de bloqueo hidráulico.

Los cabezales de alimentación a las llenaderas deben contar con un sistema de bloqueo hidráulico que opere en caso de incendio o de una variación de presión, cerrando el suministro de líquido a las llenaderas, evitando así la propagación del incendio y el suministro continuo de producto.

También debe contar esta válvula con un control manual remoto para ser accionada por el operador.

Sistemas Contra Incendio.

1. Las llenaderas deben contar con un sistema contra incendio que opere automáticamente en caso de incendio.
2. El área de llenaderas debe contar con un sistema contra incendio de capacidad suficiente para proteger toda el área, y tener las vías de acceso necesarias para, en caso de emergencia, operarlo manualmente; así como para realizar maniobras de mantenimiento.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN

Requisitos mínimos de seguridad para efectuar la carga en las llenaderas:

- 1) Desconectar todos los circuitos eléctricos del autotanque, tales como: motor, luces, radio, ventiladores, equipo de calefacción etc.
- 2) Aplicar el freno de mano.
- 3) Conectar a tierra el equipo, en el sitio señalado, cerciorándose de que las conexiones estén libres de cualquier elemento extraño que impida el contacto directo de las terminales.
- 4) Los choferes y sus ayudantes acatarán los reglamentos en vigor, nunca abandonarán el vehículo cuando esté en las áreas de carga o descarga y dentro de las instalaciones conducirán a 25 Km/hora salvo en aquellos sitios en que se estipulen velocidades menores.
- 5) El inspector de área de llenado no debe abandonarla mientras haya vehículos en maniobras de carga, ni permitir que autotanques se muevan mientras estén conectados a las líneas de carga y recuperación de vapores.
- 6) Una vez terminado el llenado del autotanque, cerrar las válvulas de las líneas de carga y recuperación de vapores, tanto del área de llenado como del vehículo y desconectarlos.
- 7) El operador del autotanque, después de verificar que se realizaron las maniobras de desconexión de las líneas, indicadas en el inciso (6), debe efectuar las operaciones siguientes:
 - a. Revisar que no haya fugas del producto.
 - b. Desconectar el cable del sistema de tierras, conectado al tanque de transporte (tonel).
 - d. Retirar el vehículo del área, procurando no acelerar demasiado al ponerlo en marcha, previa autorización del operador de llenado.
 - f. Realizar los trámites finales y abandonar las instalaciones.

PROCEDIMIENTO DE ACCESO PARA AUTOTANQUES CON AUTORIZACIÓN

REQUISITOS PARA EL OPERADOR DEL AUTOTANQUE

- a) Deberá tener licencia de primera, con el resello correspondiente, expedida por entidad federal donde esté registrado el autotanque.
- b) Saber efectuar las maniobras de carga y descarga del auto tanque.

- c) Conocer el funcionamiento y manejo de los dispositivos de seguridad y contra incendio que porta el vehículo, así como saber efectuar todas las maniobras de emergencia que puedan presentarse en su unidad.
- d) Tener constancia por escrito, por parte de la persona física o moral propietaria del autotanque, de que ha recibido la capacitación necesaria para poder ejecutar las maniobras de operación normales y de emergencia en su vehículo.

REQUISITOS PARA EL AUTOTANQUE:

- a. Los autotanques deben cumplir con lo dispuesto por la Dirección General de Normas de la Secretaría General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (D.G.N.-SECOFI), respecto a su construcción, períodos de revisión (tanto del tonel como de sus accesorios), revisiones mecánicas del vehículo, etc., lo cual se comprobará mediante los certificados en vigor expedidos por dicha entidad gubernamental. En ellos se especifican claramente las características del recipiente, las condiciones de operación, la capacidad, la presión máxima de operación, el estado físico de las válvulas de alivio.
- b. Como es posible que, durante la vigencia de los certificados expedidos por D.G.N., los vehículos puedan sufrir accidentes ó se le invaliden accesorios, Petróleos Mexicanos se reserva el derecho de:
 - 1.- Efectuar revisiones a los autotanques que considere conveniente, en cualquier momento.
 - 2.- Negar el acceso a sus instalaciones de cualquier autotanque, si considera que este representa un riesgo para las mismas.
- c. Los autotanques deben estar asegurados por cualquiera de las compañías de seguros establecidos en territorio nacional. Dicho seguro debe amparar pérdida total por incendio y daños a terceros en propiedades y personas.
- d. El tanque de combustible para el motor del autotanque debe ser independiente del tonel de transportarse.

- e. Todas las partes metálicas del vehículo deben estar conectadas eléctricamente y además contar con el dispositivo para conectar a tierra antes de las maniobras de carga del mismo.

CONTROL DE TRÁFICO

- a. Sólo podrán tener acceso a las instalaciones de Petróleos Mexicanos los vehículos debidamente autorizados. Lo cual se comprobará mediante el certificado extendido por PEMEX donde se establece la vigencia del mismo.
- b. Los autotanques se estacionarán en el exterior de las áreas de llenado, en los lugares señalados para ello, y avanzarán cuando se les indique. Queda estrictamente prohibido estacionarse en lugares donde impidan el libre tránsito de vehículos, hacer uso del claxon dentro de las instalaciones de Petróleos Mexicanos, y deben poner especial atención en los cruceros.
- c. Los autotanques deben ser manejados exclusivamente por los operadores de los mismos, quienes serán responsables de cumplir con todo lo estipulado en esta norma.
- d. Los operadores deben acatar los reglamentos de vigor, nunca abandonarán su vehículo cuando éste se encuentre en las áreas de carga o descarga.
- e. Los autotanques transitarán, de acuerdo a la circulación de vehículos establecida, a una velocidad máxima de 20 km/hr en áreas de estacionamiento y patio de maniobras y a 10 Km/hr máxima en las áreas de llenaderas, torres de control y verificación.
- f. Los autotanques no deben rebasar a otro en movimiento, dentro de las instalaciones de Petróleos Mexicanos.
- h. Sin excepción se deben respetar los avisos, fijos o de carácter transitorio, que prohíben el paso de vehículos.

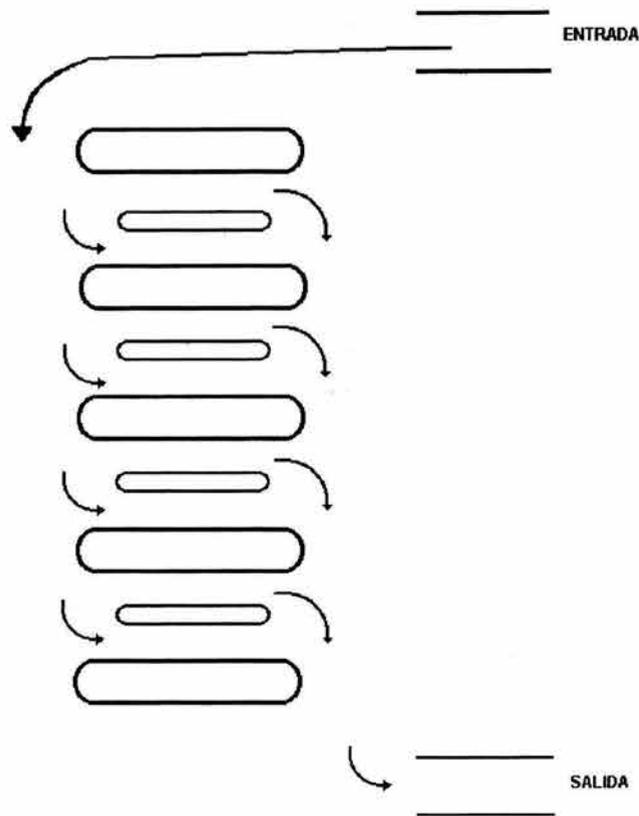


Fig. 3.8 Circulación de vehículos en áreas de llenado

Queda estrictamente Prohibido:

- a. Transportar personas fuera de la cabina, así como abordar o descender del vehículo cuando se encuentre en movimiento.
- b. Estacionarse detrás de un autotanque cargado o haciendo maniobra para alejarse de las llenaderas.
- c. Efectuar reparaciones o servicios a los autotanques (lavado, cambio de llantas, etc.) dentro de las instalaciones de Petróleos Mexicanos.
- d. Empujar o jalar un autotanque con otro autotanque dentro de las instalaciones de Petróleos Mexicanos.

En caso de que se declare un estado de emergencia, dentro de las instalaciones, debido a fugas, incendios o cualquier otra causa, los autotanques se deben retirar de la zona afectada sin rebasar los límites de velocidad y acatando las instrucciones y órdenes que dicte el personal del centro de trabajo.

DISPOSITIVOS Y REQUISITOS DE SEGURIDAD.

Los autotanques destinados al transporte de líquidos inflamables, gases licuados o comprimidos, etc. Deben contar con dispositivos de seguridad adecuados para las características y propiedades del producto que se transporta.

En general, cualesquiera que sean los materiales transportados, todos los autotanques deben satisfacer los requisitos siguientes:

1) Tener como mínimo un extinguidor de polvo químico seco de 6.83 Kg (15 lb) o bien uno de bióxido de carbono de 9.08 kg (20 lb).



Imagen donde se observa el extinguidor de PQS (Polvo Químico Seco) perteneciente a un autotanque

2) El tanque y el bastidor del vehículo deberán estar conectados eléctricamente entre sí. Cuando el tanque está montado sobre una unidad separada del tractor cada pieza por separada deberá estar conectada eléctricamente al conjunto y éste a tierra.

3) El sistema de escape del vehículo deberá estar alejado de cualquier lugar o superficie en que existan o puedan acumularse sustancias combustibles.

4) No deben usarse escapes o silenciadores libres; los escapes deben estar dotados de un “matachispas”, para recibir autorización de circular en el interior de las instalaciones de llenado.

5) El sistema de alumbrado debe ser eléctrico y estará debidamente aislado y protegido contra daños físicos.

6) Todos los autotanques, inclusive los diseñados para operar a presión atmosférica, durante el transporte mantienen cerrado herméticamente el tanque. Por lo tanto, todos cuentan con dispositivos de alivio seleccionados y calibrados de tal manera que la presión interior no exceda al valor de diseño. Las válvulas de alivio deben tener una indicación respecto a la presión a la cual desfogan.

7) Las líneas de carga y descarga, cuentan con válvulas de bloqueo, localizadas lo más cerca posible del tanque, a menos de que el propio tanque cuente con válvulas internas automáticas.

Los autotanques destinados al manejo de materiales inflamables o combustibles, satisfacen además los siguientes requisitos:

- El autotanque cuenta con un dispositivo (fusible) que en caso de incendio bloquea automáticamente la válvula de la línea de descarga.
- Los motores auxiliares de combustión interna con que están equipados estos autotanques, cuando el punto de inflamación del producto es menor que 37.8°C (100°F), deben tener estas características:
 - a) La línea de admisión de aire cuenta con un arrestador de flama o un filtro que actúa como tal.
 - b) El sistema de combustible para el motor está localizado y protegido de tal manera que resulta remoto el riesgo de incendio.

- c) El sistema de escape no debe tener fugas y es conveniente que esté colocado de tal modo que presente un riesgo mínimo en caso de fugas o derrames del producto transportado.
 - d) El aislamiento eléctrico de los cables de todo el sistema de alumbrado y encendido debe encontrarse en perfectas condiciones, para evitar chispas.
 - e) El interruptor de encendido debe ser de tipo cerrado.
 - f) Si el motor está encerrado dentro de un espacio reducido, debe procurarse que exista una buena ventilación.
- Sobre el tonel debe existir un letrero claro y permanente que indique el autotanque se utiliza para el transporte de productos inflamables.

MOTORES Y GENERADORES ELÉCTRICOS

El equipo eléctrico instalado o llevado sobre autos tanque que transporten líquidos inflamables que tienen un punto de inflamación menor de 37.8°C (100°F), para la operación de bombas y otros dispositivos usados para el manejo del producto, deberá cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Los generadores deben ser del tipo “a prueba de explosión”, así mismo. Los motores que tengan conmutador o contactos que produzcan arcos o chispas. Las cajas de conexiones o de derivación, deberán contar con los sellos apropiados.
- b) Los interruptores, dispositivos de protección por sobre carga y cualquier otro equipo que produzca chispas, deben ser también “a prueba de explosión”.
- c) Si el motor o el generador está situado en espacios cerrados, debe verse que haya circulación de aire en tales espacios, para prevenir sobrecalentamiento o acumulación de vapores explosivos.

CARGA DE AUTOTANQUES CON LÍQUIDOS INFLAMABLES

- 1) Verificar el estado general del autotanque, incluyendo extintor y matachispas antes de ingresar a llenaderas.

- 2) trasladarse a la isla asignada respetando el sentido de circulación y la velocidad máxima permitida de 15 km/hr o menor

- 3) Estacionar el autotanque, apagar el interruptor de encendido del motor así como todos los circuitos y aparatos eléctricos y activar el freno estacionario.

- 4) Acoplar el sistema de conexión a tierra y prevención de sobrellenado con la conexión macho ubicada en la caja de válvulas del autotanque. Si la luz del monitor de la isla cambia de color rojo a verde, es indicación de que la conexión está correcta, seguir en la actividad No.5
Si no hay cambio en la luz del monitor de la isla de color rojo a verde, retire el conector y retome a la actividad No.4.

- 5) Acoplar la línea de recuperación de vapores (si la instalación cuenta con ella)

- 6) Acoplar la válvula de llenado a la válvula de entrada de producto ubicada dentro de la caja de válvulas del autotanque; el conector debe estar lo más recto posible y acoplarse con un ligero movimiento hacia dentro, esto acciona la válvula de tres vías con lo que se activa la válvula neumática de venteo ubicada en el domo de la unidad, acciona el sistema de frenado, y desenergiza el sistema eléctrico del autotanque.

- 7) Abrir la válvula de emergencia mediante la palanca de accionamiento.



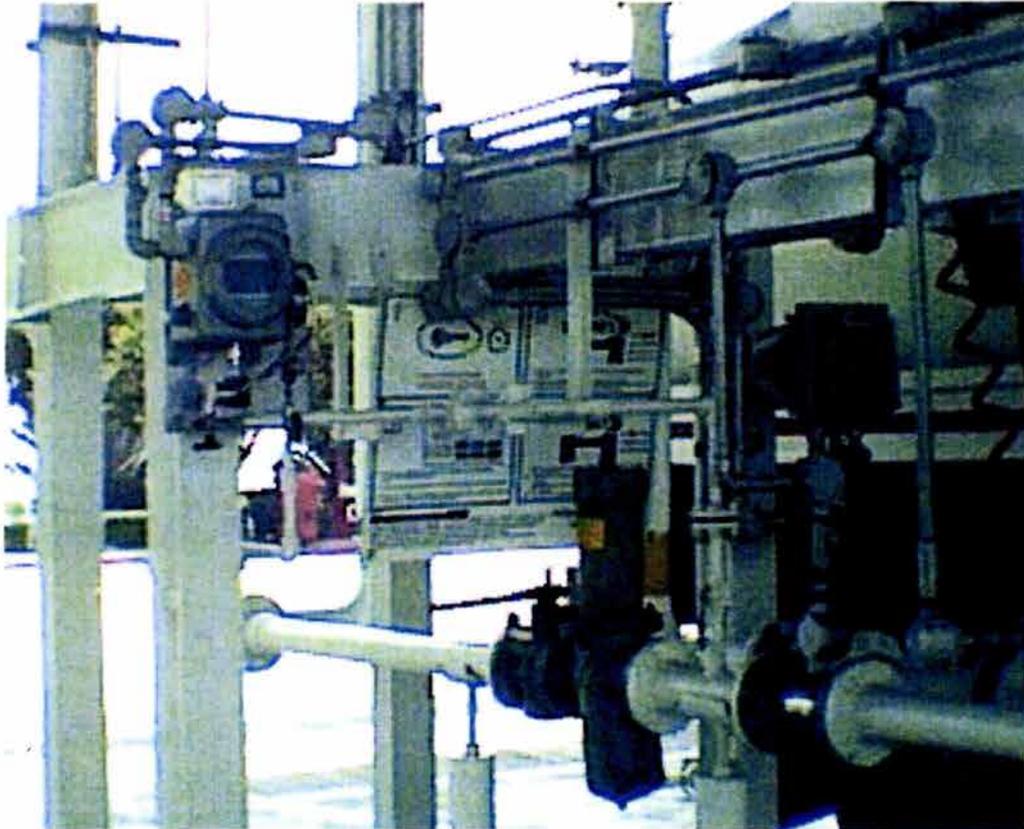
Fotografía en donde se observa al operador del autotanque ingresando a la cabina después de haber realizado la conexión a tierra, conexión al sistema recolector de vapores y conexión del brazo de carga de producto (garza)

8) Introducir a través del teclado de la Unidad de Control local (UCL) el número de operación asignado previamente (código de carga), oprimir botón de inicio en la UCL.

Con esta acción se inicia la operación de llenado, así mismo, la pantalla de la unidad de control local debe indicar la totalización del volumen a cargar.

8.1 Verificar que el medidor de despacho marque ceros y el llenado se inicie en forma automática

9) Permanecer en el área y vigilar el llenado mediante el medidor o en el UCL según sea el caso. Al llegar al volumen preestablecido, el llenado se debe detener en forma automática.



Vista de la unidad de control local, que controla la operación de carga de producto

10) Si existe derrame durante la operación de llenado

10.1 Suspender inmediatamente el llenado, no mover el autotanque y avisar al personal de Seguridad Industrial y de Operación.

10.2 Acordonar el área, confinar y recuperar el producto, ejercer acciones correctivas correspondientes, con el permiso de trabajo peligroso autorizado.

11) Una vez finalizada la operación de llenado, cerrar la válvula de emergencia y desacoplar la línea de recuperación de vapores (si se cuenta con ella)

12) Desacoplar la válvula de carga

13) ¿Existe fuga al desacoplar la válvula de carga?

13.1 Acoplar de inmediato la válvula de carga y cerrar la válvula de bloqueo del brazo de carga e informar de inmediato al personal de Seguridad Industrial y de Operación

13.2 Acordonar el área, confinar y recuperar el producto, ejercer acciones correctivas correspondientes con el permiso de trabajo peligroso autorizado.

14) Desacoplar el sistema de conexión a tierra y prevención de derrames, y colocarlo en su gancho, en el lugar correspondiente.

15) Retirar el autotanque del área procurando no acelerar demasiado y sin rebasar el límite máximo de velocidad permitida de 15 km/hr.

16) Concluyendo la carga del producto, el operador del autotanque procede a trasladarse con el autotanque a la torre de control, donde recibe documento de salida.



Fotografía en donde se observa al fondo la torre de control, en donde se colocan los sellos en las cajas de válvulas y en los domo de los autotanques.

17) El operador verifica que el volumen, temperatura, producto número económico y capacidad del autotanque registrados en la factura correspondan a lo observado en el monitor de la estación de trabajo durante la operación de llenado de autotanques, el cual deberá de corresponder a las características del equipo y operador del autotanque correspondiente, entregando factura al operador de autotanque, conservando el consecutivo correspondiente.



Vista de la torre de control (pasarela) en donde se aprecia a dos autotanques, uno entrando para que el operador reciba un nuevo número de carga y el otro estando en posición para que se le coloquen los sellos en la caja de válvulas y en el domo por el portero checador

18) El operador de autotanque una vez que recibe el documento de salida, se dirige a la caseta de revisión, final, apaga su motor, pone freno de estacionamiento y permanece fuera de la cabina durante la revisión.

19) El portero checador o quien coloque sellos revisa que los datos asentados en el documento de salida sean los correctos (fecha, equipo, chofer, capacidad y sellos). De no ser así notifica al ingeniero de operación quien debe analizar las causas de la desviación y tomar las acciones a seguir.

20) El Portero Checador o quien coloque sellos procede a colocar en el documento de salida con sello de goma la leyenda "Sellos Cotejados" y coloca sello en caja de válvulas. Si el sello del domo fue retirado por alguna circunstancia se debe colocar nuevamente. Si el operador del autotanque presenta pase de salida como vacío y se verifica esto (a), el Portero Checador o quien coloque sellos procede a dar salida anotando en el apartado de "Observaciones" que el autotanque se encuentra vacío y valida lo anterior con su nombre y firma en el pase de salida.

21) El operador del autotanque recibe la factura firmada y sellada, se traslada a la puerta de salida e ingresa su número de operación en el teclado del control de acceso y espera la señal del portero checador o quien coloque sellos para poder salir y entregar el producto.

IDENTIFICACIÓN DE LOS AUTOS TANQUE.

Los autos tanque (o sus compartimientos, en caso de tenerlos y que sean de diferentes especificaciones) deberán llevar una placa metálica permanente fija, en el lado derecho cerca del frente y en lugar accesible, que muestre grabados los datos siguientes:

Especificación del auto tanque

Material de Construcción

Material de recubrimiento interno, en caso de tenerlo

Constructor del auto tanque

Fecha de prueba original

Presión de prueba

Presión de diseño

Capacidad de agua en kilogramos y en libras.

ETIQUETAS, LETREROS Y ADVERTENCIAS.

1. Las unidades vehiculares, camiones, unidades de arrastre, autotanques, carrotanques, contenedores, contenedores cisterna, tanques portátiles y recipientes intermedios a granel, empleados en el transporte de substancias, materiales o residuos peligrosos deben portar carteles de identificación como señalamientos de seguridad.

2. Los carteles deben indicar el riesgo principal asociado con la sustancia, material o el residuo peligroso, así como el número de las Naciones Unidas que lo identifica.

3. Deberán colocarse en la parte media superior de las vistas laterales y posterior de las unidades de autotransporte, para combinaciones vehiculares de doble semiremolque, los carteles se colocarán en ambos remolques.

Especificaciones de los Carteles. Los carteles deben estar elaborados de acuerdo a las siguientes características:

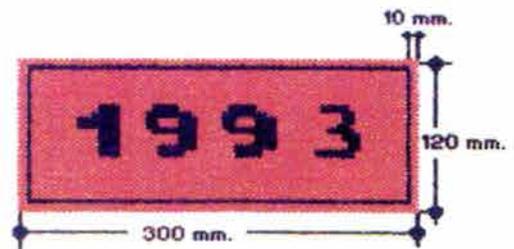
- a. Ser de material de alta resistencia a la intemperie, de tal manera que no sufran decoloración o deformación en su uso normal, para evitar que se deteriore la información contenida en los mismos.
- b. Ser de tipo fijo en condiciones normales de operación de los vehículos o resultado de acuerdo al uso y unidad de transporte. Los porta carteles deben ser fijos y accesibles al cambio de cartel de acuerdo al riesgo de la sustancia, material o residuo transportado, colocados de tal manera que se garantice su permanencia.
- c. Deben tener forma de rombo con dimensiones mínimas de 250 mm x 250 mm, por lado, debiendo llevar una línea del mismo color del símbolo trazada a 12.5 mm del borde exterior y paralela a éste.
- d. Las únicas excepciones en cuanto a la forma, serán el cartel de temperatura, el cartel de fumigación, la placa rectangular para el número de identificación de las Naciones Unidas de color naranja y el cartel de contaminante marino.
- e. Deben corresponder totalmente a la etiqueta de la clase de sustancia peligrosa de que se trate en lo que se refiere al diseño, color y símbolo.
- f. Tener anotado el número de la clase o división de riesgo de las sustancias peligrosas de que se trate.
- g. En la parte superior se colocará el símbolo internacional de la sustancia o material que se transporte, de acuerdo a la clasificación de riesgo, en el vértice inferior el número correspondiente a su clase o división de riesgo; en su parte media, en su parte media, en un rectángulo se colocará el número de identificación de la sustancia ó material peligroso, asignado por la Organización de las Naciones Unidas excepto en los carteles que indiquen el riesgo secundario, los cuales únicamente ostentarán el símbolo del riesgo correspondiente.
- h. Cuando no se ponga el número de identificación en el interior del cartel, y en su lugar se indique en el rectángulo central del cartel con palabras el riesgo, deberá colocarse un placa rectangular de color naranja de 12 mm de altura y 300 mm de ancho como mínimo, con un borde negro de 10 mm inmediatamente al lado del cartel para el transporte internacional se debe considerar el uso del cartel sin texto alguno.

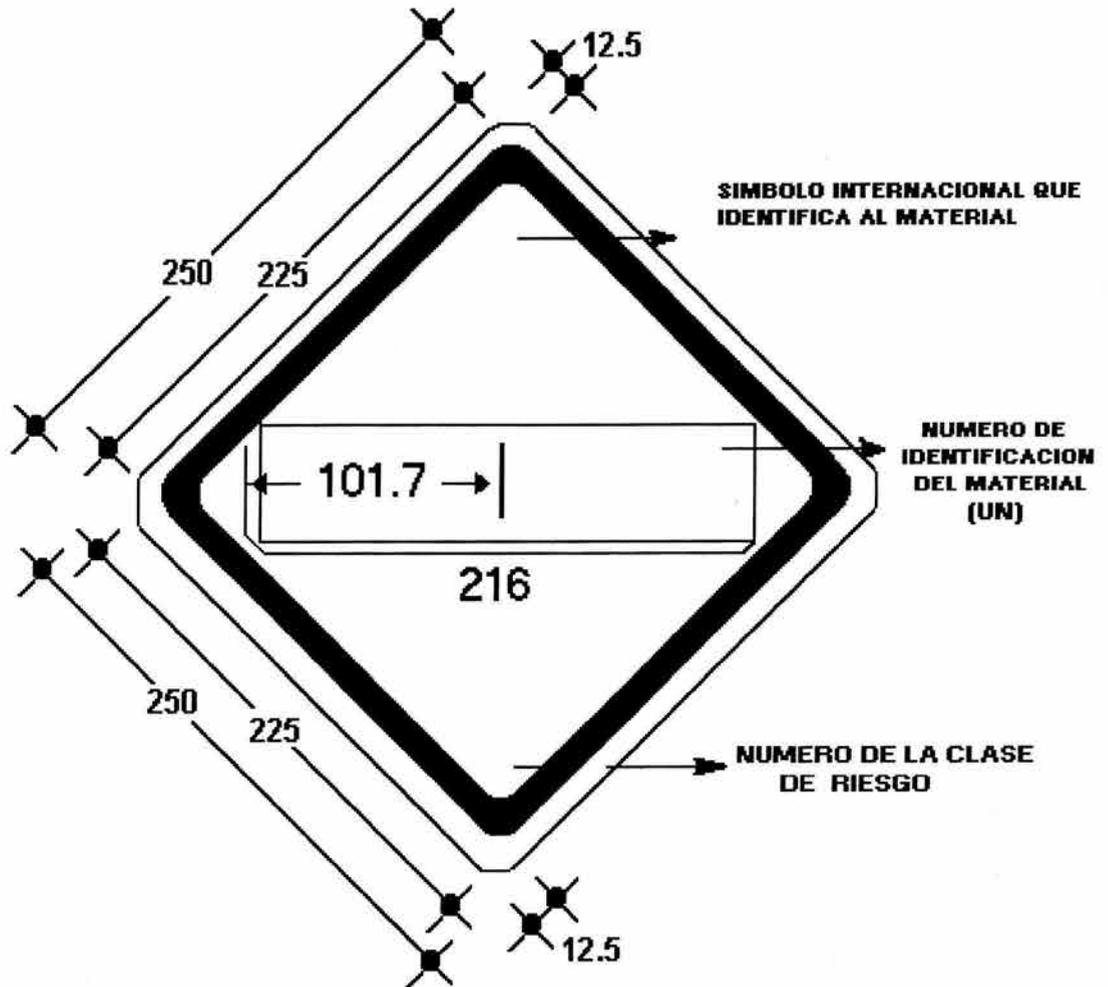
- i. Cada dígito del número de identificación del material (número de Naciones Unidas), debe ser dimensiones máximas de 80 mm, de alto x 50 mm de ancho.
- j. Las unidades de autotransporte, camiones, recipientes intermedios a granel, tanques portátiles, contenedores cisterna y cualquier tipo de unidades de arrastre ferroviario, descargados o vacíos, que hayan contenido a las sustancias, materiales o residuos peligrosos, durante su transporte, deberán portar los carteles de identificación correspondiente a los materiales que llevaba originalmente, hasta en tanto no se haya efectuado su limpieza y descontaminación.
- k. Cuando las unidades de autotransporte, camiones, recipientes intermedios a granel, tanques portátiles, contenedores, contenedores cisterna, que hayan estado en contacto directo con las sustancias, materiales o residuos peligrosos, cuando hayan sido limpiadas y descontaminadas y cuenten con el certificado (NOM-019-SCT2) que así lo acredite, no requerirán portar carteles de identificación.

Sin embargo las unidades que transporten materiales ó residuos peligrosos, contenidos en envases y embalajes, no requerirán portar carteles de identificación una vez que hayan sido descargados, ni el certificados de limpieza correspondiente, siempre y cuando dichos envases y embalajes no hayan presentado algún tipo de liberación o derrame accidental de las sustancias, en las unidades durante su carga, descarga o transporte.



**SIMBOLO (FLAMA) NEGRO O BLANCO, FONDO: ROJO, CIFRA "3"
EN EL ANGULO INFERIOR PODRA LLEVAR LA LEYENDA
"LIQUIDO INFLAMABLE"**





CAPÍTULO IV LÍQUIDOS INFLAMABLES

Los líquidos se caracterizan por el libre movimiento de las moléculas en su interior, pero dichas moléculas no poseen la tendencia a separarse entre sí que caracteriza a los gases. Los líquidos a diferencia de los gases, sólo se pueden comprimir ligeramente y son incapaces de expansión infinita. Se diferencian de los sólidos por la facilidad de movimiento de sus moléculas, lo que hace que se adapten a la forma del recipiente que los contiene.

Las materias adoptan uno u otro estado según la temperatura y la presión. Los líquidos tienden a convertirse en gases al aumentar la temperatura o al disminuir la presión. Por otra parte, los gases tienden a convertirse en líquidos al disminuir la temperatura o al aumentar la presión.

PELIGROS DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

En sentido estricto, los líquidos inflamables y combustibles no pueden ser causa de incendios, aunque a menudo así se afirma. Son, en realidad, factores que contribuyen al incendio; una chispa o alguna fuente menor de ignición, acaso inofensiva es lo que causa el fuego o la explosión en presencia de vapores inflamables.

El vapor procedente de la evaporación de los líquidos inflamables o combustibles cuando están expuestos al aire o bajo la influencia del calor, y no el propio líquido, es lo que arde o hace explosión, siempre que dicho vapor se encuentre mezclado con el aire en ciertas proporciones y en presencia de una fuente de ignición.

Por lo tanto, el almacenamiento de los líquidos inflamables y combustibles en recipientes cerrados adecuados y la reducción de la exposición del líquido al contacto con el aire mientras está en uso son factores de importancia fundamental para la restricción del riesgo de incendio que se presenta en su almacenamiento y manipulación.

Las explosiones de las mezclas de aire con vapor inflamable en las proximidades de los límites máximo y mínimo del margen de inflamabilidad de una mezcla dada son menos intensas que las que se producen en concentraciones intermedias de la misma mezcla. Las explosiones de vapor inflamable-aire se producen más frecuentemente cuando la mezcla se encuentra confinada en espacios reducidos como recipientes, depósitos, habitaciones o edificios.

La violencia de las explosiones de vapores inflamables depende de la concentración y naturaleza de estos vapores, así como de la cantidad de la mezcla vapor aire y del tipo de recipiente que contiene la mezcla. Las medidas para prevenir las explosiones e incendios de los líquidos combustibles e inflamables abarcan una o varias de las siguientes técnicas o principios:

1. Eliminación de las fuentes de ignición.
2. Eliminación del aire.
3. Mantenimiento de los líquidos en recipientes o sistemas cerrados.
4. Ventilación para impedir la acumulación de vapores dentro de los límites de inflamabilidad.
5. Empleo de una atmósfera de gas inerte en lugar de aire.

Entre los métodos de extinción de los fuegos de líquidos combustibles e inflamables figuran la interrupción de suministro de combustible, la eliminación del aire por diferentes medios, el enfriamiento del líquido para detener la evaporación o una combinación de todos ellos.

La gasolina es el líquido inflamable más generalmente usado. Es de conocimiento público su facilidad de generación de vapores inflamables a temperaturas atmosféricas.

El punto de inflamación no es, ni mucho menos, el único factor en que debe basarse la evaluación del riesgo, aunque constituya el criterio más generalmente aceptado y el más importante. La temperatura de ignición, los límites de inflamabilidad, el índice de evaporación, la reactividad en estado impuro o expuesto al calor, su densidad y el índice de evaporación y otros factores influyen igualmente. El punto de inflamación y otros factores que determinan la susceptibilidad relativa de un líquido inflamable o combustible a la ignición tienen comparativamente poca influencia sobre las características de su combustión, una vez que el fuego lleva encendido un breve plazo de tiempo.

CLASIFICACIÓN DE LOS LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES

Se llaman líquidos inflamables que posean una presión de vapor que no exceda de 40 psi absolutos (2.0686 mm de Hg) a 100°F (37.8°C) (aproximadamente 25 psi de presión manométrica).

La siguiente clasificación pretende dividir los líquidos inflamables o combustibles entre categorías. Es conocido el hecho de que en la mayor parte de las zonas geográficas las temperaturas interiores pueden llegar a los 100°F (37.8°C) durante alguna época del año; por ello, a todos los líquidos cuyo punto de inflamación esté por debajo de los 100°F se les llama líquidos de la Clase I.

En algunas zonas, la temperatura ambiente puede exceder de los 100°F y bastaría un grado moderado de calentamiento para elevar la temperatura de algunos líquidos hasta su punto de inflamación. Basados en este hecho, se estableció otra división arbitraria entre los 100°F y los 140°F (60°C), para los líquidos cuyo punto de inflamación quede comprendido el nombre de líquidos de Clase II.

Los líquidos que tienen un punto de inflamación superior a los 140°F (60°C) requerirían para su ignición una considerable aportación de calor procedente de una fuente que no dependa de la temperatura ambiente; se identifican como líquidos de la Clase II. Los líquidos que tienen un punto de inflamación superior a los 140°F (60°C) requerirían para su ignición una considerable aportación de calor procedente de una fuente que no dependa a la temperatura ambiente; se identifican como líquidos de la Clase III.

LÍQUIDOS INFLAMABLES

Con este término se definen los líquidos que tengan un punto de inflamación por debajo de los 100°F siempre que tengan una presión de vapor que no exceda de los 40 psia (2.086mm de Hg y 100°F (37.8°C).

En la Clase I se incluyen todos los líquidos de estas características, que se pueden subdividir del siguiente modo:

Clase IA. Incluye aquellos líquidos con un punto de inflamación por debajo de los 73°F (22.8°C) y una temperatura de ebullición por debajo de los 100°F (37.8°C).

Clase IB. Líquidos que tienen un punto de inflamación por debajo de los 73°F (22.8°C) y una temperatura de ebullición por encima de los 100°F (37.8°C).

Clase IC. Líquidos con punto de inflamación superior o igual a los 73°F (22.8°C) pero por debajo de los 100°F (37.8°C).

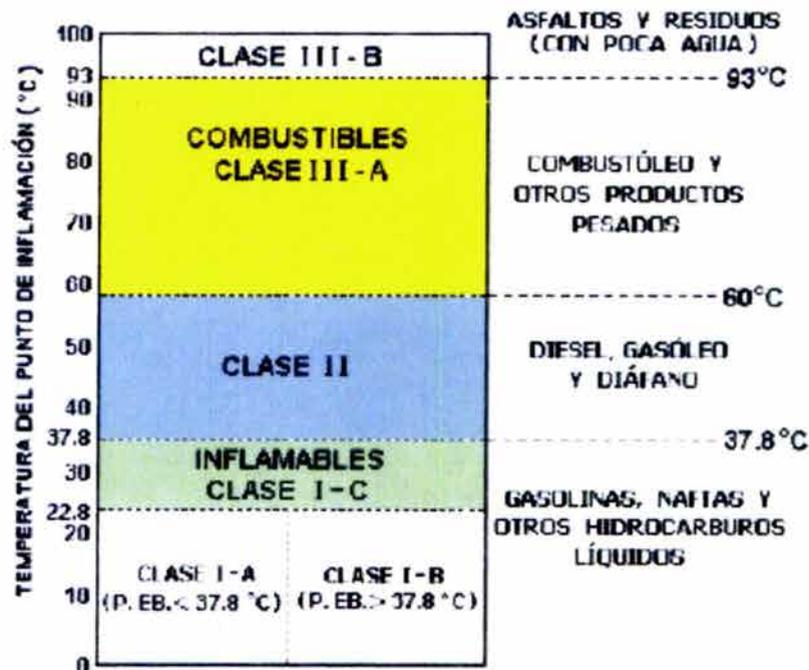
LÍQUIDOS COMBUSTIBLES

Los líquidos con punto de inflamación superior o igual a los 100°F reciben el nombre de líquidos combustibles, y pueden subdividirse como sigue:

En los líquidos de la Clase II se incluyen los que tienen punto de inflamación superior o igual a 100°F (37.8°C), pero inferior a 140°F (60°C).

En los líquidos de la Clase IIIA, los que tienen punto de inflamación superior o igual a 140°F (60°C), y por debajo de 200°F (93.4°C).

En la clase IIIB aquellos líquidos que tengan un punto de inflamación superior o igual a 200°F (93.4°C).



PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS LÍQUIDOS

Presión de Vapor. Las moléculas escapan de la superficie de todos los líquidos. Si el líquido se encuentra en un recipiente cerrado, estas moléculas se desprenden al espacio libre por encima de la superficie del líquido y volverán de nuevo a condensarse en el mismo.

Cuando la velocidad de desprendimiento o vaporización y la velocidad de condensación y la velocidad de condensación se encuentran en equilibrio, la presión resultante, ejercida por las moléculas en el espacio libre por encima del líquido, se denomina presión de vapor.

La presión de vapor de un líquido se utiliza para medir la mezcla vapor-aire que existe por encima de la superficie del mismo, en un recipiente cerrado.

El porcentaje de vapor es directamente proporcional a la relación entre la presión de vapor del líquido y la presión total de la mezcla. Cuando se aporta calor, las moléculas se agitan dando lugar a un aumento de presión.

Punto de Ebullición. El punto de ebullición de un líquido es la temperatura a la cual su presión de vapor se iguala a la presión total sobre su superficie. El punto de ebullición normal es la temperatura a la que hierve el líquido bajo condiciones atmosféricas normales.

Velocidad de Evaporación. Es la velocidad a que un líquido se convierte en vapor a una temperatura y presión determinadas.

Calor Latente de Vaporización. El calor latente de vaporización es la cantidad de calor que se absorbe cuando un gramo de líquido se transforma en vapor a la temperatura de ebullición y a 1 atmósfera de presión.

CARACTERÍSTICAS DE LA COMBUSTIÓN DE LOS LÍQUIDOS

En realidad, cuando arden los líquidos inflamables lo que realmente arde son sus vapores; por lo tanto, la facilidad de ignición de estos líquidos, así como su velocidad de combustión, están relacionados con sus propiedades de presión de vapor, punto de inflamación y de ebullición, e índice de evaporación. Los líquidos cuyos vapores estén dentro de sus límites de inflamabilidad por encima de su superficie a la temperatura de almacenamiento tendrán una rápida velocidad de propagación de las llamas.

Los líquidos inflamables y combustibles cuyos puntos de inflamación sean superiores a la temperatura de almacenamiento tendrán una velocidad de propagación de las llamas.

Los líquidos inflamables y combustibles cuyos puntos de inflamación sean superiores a la temperatura de almacenamiento tendrán una velocidad de propagación de las llamas más baja, puesto que es necesario que el calor producido por el fuego caliente suficientemente la superficie del líquido para que se forme una mezcla vapor-aire inflamable antes de que las llamas se extiendan a través del vapor.

Hay muchos factores variables que afectan a la velocidad de propagación de las llamas y a la combustión. Entre tales factores hay que incluir los ambientales, la velocidad del viento, la temperatura, el calor de combustión, el calor latente de vaporización.

Normalmente, los hidrocarburos líquidos arden con una llama naranja y emitiendo densas nubes de humo negro, mientras que los alcoholes arden normalmente con una llama limpia de color azul y con muy poco humo. Ciertos éteres arden con una considerable ebullición de la superficie del líquido, lo que hace muy difícil su extinción.

VELOCIDAD DE COMBUSTIÓN DE LOS LÍQUIDOS

La velocidad de combustión de los líquidos inflamables varía en forma similar a la velocidad de propagación de las llamas. La gasolina, por ser un compuesto de fracciones ligeras y pesadas, tendrá una velocidad de combustión más rápida al principio mientras se queman las fracciones más ligeras; las fracciones más pesadas se quemarán a una velocidad parecida a la de la kerosina. La velocidad de combustión de la gasolina es de 3 a 20 cm/hora; un charco de gasolina con una profundidad de 1 cm, por ejemplo, deberá consumirse por combustión entre 2 y 4 minutos.

Con base en estas velocidades observadas en los incendios de depósitos de petróleo, se puede calcular aproximadamente la extensión del área que participaría en el fuego de un derrame de líquidos. Cuando el líquido derramado arde, el área del incendio al principio será pequeña y después se extenderá hasta un punto de equilibrio en que arderá a la misma velocidad a la que el líquido se derrama.

MÉTODOS DE PREVENCIÓN DE INCENDIOS

En la manipulación y almacenamiento de los líquidos combustibles e inflamables existe siempre un momento en que el líquido está en contacto con el aire excepto cuando el almacenamiento se realiza en recipientes estancos que no se abren ni se llenan en el mismo lugar, o cuando la manipulación se lleva a cabo en sistemas cerrados en los que las pérdidas de vapores se recuperan. Incluso en este último caso, siempre existe la posibilidad de que haya roturas o fugas que permitan que el líquido escape.

Por todo ello, la ventilación tiene importancia primordial para impedir la acumulación de vapores inflamables.

También es una buena medida eliminar las fuentes de ignición en las cercanías de los puntos donde se emplean, manipulan o almacenan líquidos inflamables que tengan un bajo punto de inflamación, aunque ordinariamente no existan vapores.

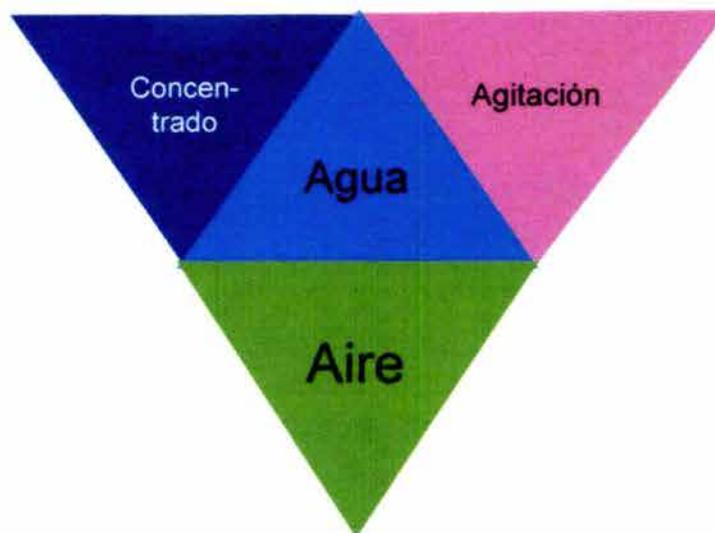
En los procesos industriales en los que intervienen líquidos inflamables o combustibles, los equipos, como compresores, alambiques, torres, bombas, etc., deberán, siempre que sea posible, estar situados en lugar abierto, para reducir el potencial de incendio creado por escapes y acumulación de vapores inflamables.

La gasolina, como casi todos los líquidos inflamables, produce vapores más pesados que el aire, por lo que tienden a situarse cerca del suelo o en pozos o depresiones; tales vapores pueden desplazarse a grandes distancias por el suelo o el terreno y entrar en ignición en algún punto alejado, retrocediendo después la llama hasta el punto de origen de la emanación. El mejor método de ventilación en estos casos es la eliminación de tales vapores al nivel del suelo.

La ventilación puede ser natural o artificial. Aunque la natural, en los casos en que pueda usarse, tiene la ventaja de no depender de su iniciación manual o del suministro de energía, depende, sin embargo, de la temperatura y de los vientos, y no se puede controlar tan fácilmente como la ventilación mecánica.

CAPÍTULO V ESPUMAS CONTRA INCENDIOS

Existen diversos tipos de agentes extintores muy eficaces todos, entre ellos están las ESPUMAS CONTRA INCENDIOS, las espumas son un conjunto de burbujas de un gas rodeadas por una membrana líquida. Las burbujas tienen forma esférica cuando están solas, pero al unirse, la pared de unión se convierte en plana y retiene más líquido. Cuando las burbujas presentan tamaños similares y se juntan adquieren la forma de un “dodecaedro regular” (12 caras planas), reteniendo más líquido y durando más tiempo. Al igual que el fuego, requiere de 4 factores:



TETRAEDRO DE LA ESPUMA

Puesto que la espuma es más ligera que la solución acuosa de la que se forma y más ligera que los líquidos inflamables o combustibles, flota sobre estos, produciendo una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el escape de vapor con la finalidad de detener o prevenir la combustión. Las espumas contra incendio para su formación tienen un principio similar, como cuando al agua le agregamos detergente y luego con la mano la agitamos para formar la espuma. Así, en este caso un flujo de agua por las mangueras y a través del proporcionador crea el vacío necesario para succionar el líquido concentrado, para formar una solución que al llegar a la boquilla succiona el aire necesario para formar la espuma.

GENERACION DE ESPUMA



CARACTERÍSTICAS

Los concentrados espumógenos son agentes extinguidotes diseñados para formar espuma en solución en agua y, así, combatir incendios Clase B de líquidos inflamables y combustibles.

NO funcionan en:

- Incendios tridimensionales
- Incendios a presión
- Incendios de gases
- Incendios eléctricos (Clase C)
- Incendios de metales combustibles (Clase D)

¿POR QUÉ USAR UNA ESPUMA?

Porque, hasta la fecha es el mejor agente extinguidor para incendios en líquidos inflamables y combustibles y no se prevee una modificación drástica en la tecnología.

Adicionalmente:

- Previene la ignición o reignición.
- Evita la liberación de vapores inflamables.

Adicionalmente:

- Previene la ignición o reignición.
- Evita la liberación de vapores inflamables.
- Provee de seguridad, una vez extinguido el fuego.
- Protege al personal Contra Incendio y Rescate.

Las espumas pueden fabricarse de diferentes maneras según su acción extintora. Algunas son espesas y viscosas, capaces de formar capas fuertemente resistentes al calor por encima de la superficie de los líquidos incendiados, incluso en superficies verticales.

Otras espumas son más delgadas pero se extienden más rápidamente. Otras producen una película que detiene el paso del vapor por medio de una solución acuosa superficialmente activa. Otras sirven para producir grandes volúmenes de celdillas de aire húmedo para inundar superficies u ocupar espacios totalmente.

El uso de la espuma en la protección de incendios requiere prestar atención a sus características generales. La espuma se disuelve, vaporizando su contenido de agua bajo el ataque del calor y de las llamas. Por lo tanto, debe aplicarse a las superficies ardientes a volumen y velocidad suficiente para compensar estas pérdidas y para proporcionar la cantidad sobrante que garantice que se forme la capa residual de líquido espumante sobre la parte ya extinguida del fuego. La espuma es una emulsión inestable de aire y agua que puede disolverse fácilmente por fuerzas físicas o mecánicas.

Ciertos vapores o fluidos químicos pueden también destruirla fácilmente. Cuando se emplean otros tipos distintos de agentes extinguidores en combinación con la espuma, también pueden ocurrir otras formas de disolución.

El aire, turbulencia o el violento levantamiento de los gases de la combustión pueden apartar las espumas ligeras de la zona incendiada. En general, la espuma es especialmente útil cuando se necesita un agente extinguidor muy ligero, compacto, sofocante y enfriante. En situaciones especiales se requieren ciertos tipos especiales de espumas, tales como las que se emplean para llenar cavidades y para la lucha contra fuegos de disolventes miscibles con el agua. Para emplear las espumas acertadamente se necesitan técnicas muy depuradas de diseño y aplicación.

TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPUMAS CONTRA INCENDIOS.

En esta parte de este capítulo se nombran y se describen los distintos tipos de espumas contra incendios que existen hasta ahora y sus principales características.

AGENTES ESPUMANTES PROTEÍNICOS. Las espumas físicas de tipo proteínico consisten en concentrados líquidos acuosos y agua en las proporciones adecuadas. Estos concentrados contienen polímeros proteínicos naturales de alto peso molecular derivados de la transformación e hidrólisis química de proteínas sólidas naturales.

Los polímeros confieren a las espumas que se generan con ellos, elasticidad, resistencia mecánica y capacidad de retención del agua. Los concentrados también contienen sales metálicas disueltas, que refuerzan la capacidad de los polímeros proteínicos para formar burbujas cuando la espuma está expuesta al calor y las llamas. También se añaden disolventes orgánicos a los concentrados para mejorar su capacidad de espumación y su uniformidad, así como para regular su viscosidad a bajas temperaturas. Existen concentrados proteínicos para proporcionar una concentración final del 3 o del 6% por volumen, con agua dulce o con agua salada.

En general, estos concentrados producen espumas densas y viscosas de alta estabilidad, elevada resistencia al calor, así como mejor resistencia a su propia combustión, que la mayor parte de los agentes espumantes. No son tóxicas y son biodegradables después de diluirse.

AGENTES ESPUMANTES FLUORO PROTEÍNICOS (FP). Los concentrados para empleados para la generación de espumas de fluoroproteínas son de composición similar a los de proteína, pero, además de los polímeros proteínicos, contienen en la superficie agentes fluorados activos que les confieren la propiedad de no adherirse al combustible, lo que les hace especialmente eficaces para luchar contra fuegos en los que la espuma queda sumergida o cubierta por el combustible, como por ejemplo en el método de inyección de la espuma por debajo de la superficie para combatir incendios de grandes depósitos.

Las espumas de fluoroproteínas alcanzan su máxima eficacia en la lucha contra fuegos de líquidos derivados del petróleo o de hidrocarburos en depósitos de gran profundidad, debido a esta propiedad de falta de adherencia a líquidos combustibles. También poseen características superiores en lo que se refiere a la supresión del vapor y a la autocombustión. Los concentrados de fluoroproteína existentes permiten concentraciones del 3% o 6% en volumen con agua dulce o salada. No son tóxicos y son biodegradables después de disolverse.

AGENTES ESPUMANTES DE BAJA TEMPERATURA. Este tipo de concentrados espumantes son similares a los agentes proteínicos, excepto que están protegidos para su almacenamiento a bajas temperaturas por la inclusión en la mezcla de un reductor del punto de congelación, que a su vez, no es inflamable.

También existen agentes espumantes de fluoroproteína para bajas temperaturas. Los agentes espumantes para baja temperatura pueden emplearse hasta temperaturas de -28.7°C .

AGENTES ESPUMANTES FORMADORES DE PELÍCULAS ACUOSAS (AFFF)

Los agentes espumantes formadores de películas se componen de materiales sintéticos que forman espumas de aire similares a los producidos por materiales a base de proteínas.

Además, son capaces de formar películas de solución acuosa sobre la superficie de los líquidos inflamables. De aquí les viene su nombre. Estos productos se conocen por sus iniciales en inglés, AFFF (aqueous film-forming foam).

Las espumas de aire (físicas) generadas por las soluciones de AFFF poseen baja viscosidad, rápida extensión y nivelación y actúan como barreras superficiales para impedir el contacto del combustible con el aire y detener su vaporización, enfriando igual que lo que hacen las otras espumas.

Esta película, que también puede extenderse por la superficie del combustible no cubierta completamente por la espuma, se mantiene sobre la superficie aún en forma disgregada, mientras exista una reserva cercana que la continúe produciendo. Sin embargo, para garantizar la extinción del fuego, la superficie de combustible debe estar totalmente cubierta de AFFF, igual que sucede con otros tipos de espumas.

Los concentrados de AFFF contienen hidrocarburos fluorados de cadena larga con propiedades tensoactivas especiales. Se añaden distintos polímeros hidrosolubles de gran peso molecular para reforzar las paredes de las burbujas y retardar su disolución. No son tóxicos y son biodegradables después de su disolución.

La vida útil compara favorablemente con la de otros concentrados de espumas sintéticas que no contengan sustancias naturales que pueden cambiar con el tiempo.

El AFFF puede emplearse en forma de capa protectora de espuma sobre la superficie del líquido inflamable no incendiado. En ciertas circunstancias puede emplearse para la extinción de algunos disolventes polares hidrosolubles.

AGENTES ESPUMANTES TENSOACTIVOS DE HIDROCARBUROS SINTÉTICOS

Existen muchos compuestos tensoactivos producidos sintéticamente que forman espumas abundantes en solución acuosa. Con la fórmula adecuada, pueden emplearse como espumas contra incendios, aplicándose de forma parecida a los otros tipos de espuma.

Los concentrados líquidos de espuma tensoactiva de hidrocarburos se combinan con el agua en proporción de uno a seis. Cuando se emplean aparatos generadores de espuma de tipo convencional para formar espuma con estas soluciones, el resultado es una espuma de aire que posee baja viscosidad y cualidades de diseminación rápida sobre superficies líquidas.

Sus características extinguidoras dependen del volumen de la capa espumosa sobre la superficie ardiente, que es lo que detiene el paso del aire e inhibe la producción de vapores combustibles, y el menor efecto enfriante del agua que forma parte de la espuma y que entra en acción debido a la rápida disolución de la masa de espuma. Las espumas tensoactivas de hidrocarburo sintéticos son generalmente menos estables que otros tipos de espumas contra incendios. Su contenido de solución acuosa se pierde rápidamente dejando una masa de burbujas que es muy vulnerable a la disolución térmica o mecánica. Generalmente, deben aplicarse a mayor velocidad que otras espumas para lograr con ellas la extinción. Muchas fórmulas de este tipo de concentrado espumante disuelven a otras espumas si se emplean simultáneamente o a continuación.

ESPUMAS RESISTENTES A LOS ALCOHOLES (AR-AFFF). Las espumas que generan los agentes ordinarios están expuestas a la disolución rápida y pérdida de efectividad cuando se emplean en incendios de líquidos combustibles hidrosolubles, hidromiscibles o de tipo de disolvente polar. Ejemplos de este último tipo de líquidos son los alcoholes, esmaltes y disolventes de lacas, metil-etil cetona, acetona, éter-isopropílico, acrilonitrilo, etil butil acetato, las aminas y las anhídridos.

Incluso pequeñas cantidades de estas sustancias mezclados con combustibles de hidrocarburo comunes producirán la rápida disolución de las espumas contra incendios normales.

Por lo tanto, se han creado ciertos agentes espumantes especiales; algunos de estos concentrados deben convertirse en espuma y aplicarse a la superficie en ignición casi inmediatamente después de su mezcla con el agua. Las soluciones de este tipo no pueden bombearse a grandes distancias porque sus tiempos de recorrido (el tiempo necesario para que las soluciones de espuma recorran la distancia desde el generador hasta el orificio de descarga) antes de que se produzca la espuma, son cortos. Si superaran este tiempo serían ineficaces. Los agentes espumantes resistentes a los alcoholes se dividen en dos categorías generales:

1. Consiste en dos componentes concentrados. Uno a base de un polímero, y otro a base de un catalizador que vuelve a polimerizarle para conferir a la espuma así formada estabilidad frente a disolventes. Este tipo puede emplearse con aparatos que no tienen que aplicar la espuma necesariamente con suavidad sobre las superficies en ignición y no tiene limitaciones de plazo de recorrido.
2. Concentrados de base sintética en un sistema de componente único, que producen espumas para aplicación sobre líquidos inflamables ordinarios o sobre disolventes de tipo polar por medio de cualquier aparato generador de espuma.

AGENTES ESPUMANTES DE ALTA EXPANSIÓN. Las espumas de alta expansión sirven para dominar y extinguir fuegos de clase A o de clase B y son especialmente aptas para producir inundaciones en espacios cerrados.

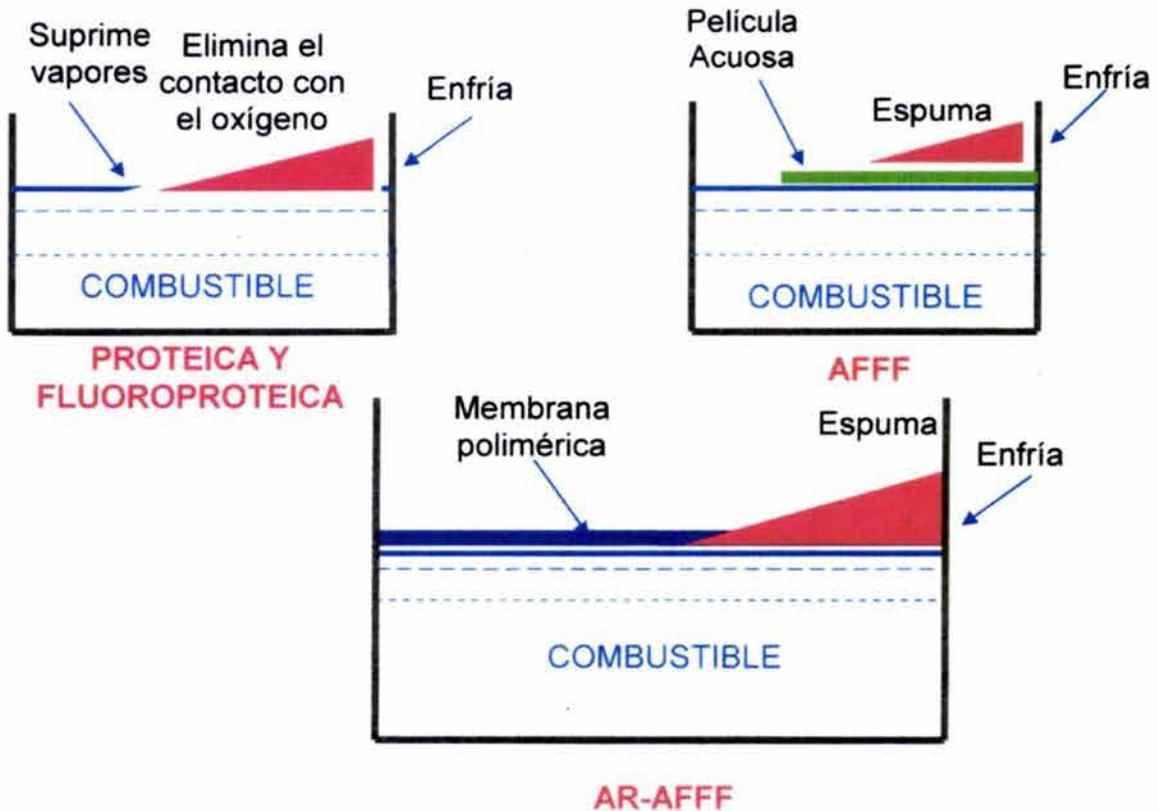
La espuma es un agregado de burbujas de producción mecánica generado por el paso de aire u otros gases a través de una red o pantalla u otro medio poroso, que estén mojados con la solución acuosa de los agentes espumantes de actividad superficial. La espuma de alta expansión constituye un vehículo muy valioso para el transporte de masas de espuma húmeda a lugares inaccesibles, para la inundación total de espacios cerrados y para el desplazamiento volumétrico de vapores, calor y humo.

Las pruebas han demostrado que, en ciertas condiciones, la espuma de alta expansión, cuando se emplea en combinación con agua procedente de rociadores automáticos, proporciona una capacidad de dominio y extinción de fuego, mayor que cualquier otro agente extintor por sí solo.

La eficacia óptima frente a cualquier tipo de riesgo depende de la velocidad de aplicación, de la expansión de la espuma y de su estabilidad. La espuma de alta expansión es especialmente apta para combatir incendios en interiores y espacios cerrados. Su empleo al exterior puede verse limitado por los efectos climáticos. Las espumas de alta expansión causan en el fuego diferentes efectos:

1. Cuando se generan en volumen suficiente, pueden impedir que el aire, que es necesario para la continuidad de la combustión, alcance el lugar incendiado.
2. Cuando se lanza directamente contra la zona donde existe mayor acumulación de calor, el agua que contiene la espuma se convierte en vapor, reduciendo la concentración de oxígeno por dilución del aire.
3. La conversión del agua en vapor, absorbe calor del fuego. Cualquier objeto caliente expuesto a la acción de la espuma mantiene el proceso de disolución de las burbujas, convirtiendo el agua en vapor y, por lo tanto, causando enfriamiento.
4. Cuando se acumulan en profundidad, las espumas de alta expansión forman una barrera aislante para la protección de materiales expuestos no atacados por el fuego, impidiendo por lo tanto la propagación.

COMO FUNCIONA UNA ESPUMA



ALGUNOS REQUISITOS QUE REGULAN LA LUCHA CONTRA EL FUEGO POR MEDIO DE ESPUMA.

Las espumas se emplean principalmente para dominar y extinguir fuegos de líquidos inflamables y combustibles. En general, para que una espuma sea eficaz, los líquidos inflamables o peligrosos deben cumplir con los siguientes criterios:

1. El líquido en condiciones ambientales de temperatura y presión debe estar por debajo de su punto de ebullición.
2. Debe tenerse cuidado cuando se aplique espuma a la masa de un líquido cuya temperatura sea superior a 212°F (100°C). A estas temperaturas del combustible u otras más altas, las espumas forman una emulsión con el vapor de agua, aire y combustible. Esto produce la multiplicación por 4 del volumen.
3. El líquido no debe ser excesivamente destructivo para la espuma que se emplee o la espuma no debe ser excesivamente soluble en el líquido cuyo fuego se intenta dominar.
4. El líquido no debe reaccionar con el agua.

4. El fuego debe suceder en una superficie horizontal. Los fuegos tridimensionales (combustible en cascada) no pueden extinguirse con la aplicación de espuma, a no ser que tenga un punto de inflamación relativamente alto y pueda enfriarse hasta extinguirlo por el agua de la espuma. Sin embargo, algunas espumas son capaces de perseguir a la corriente de combustible incendiado.

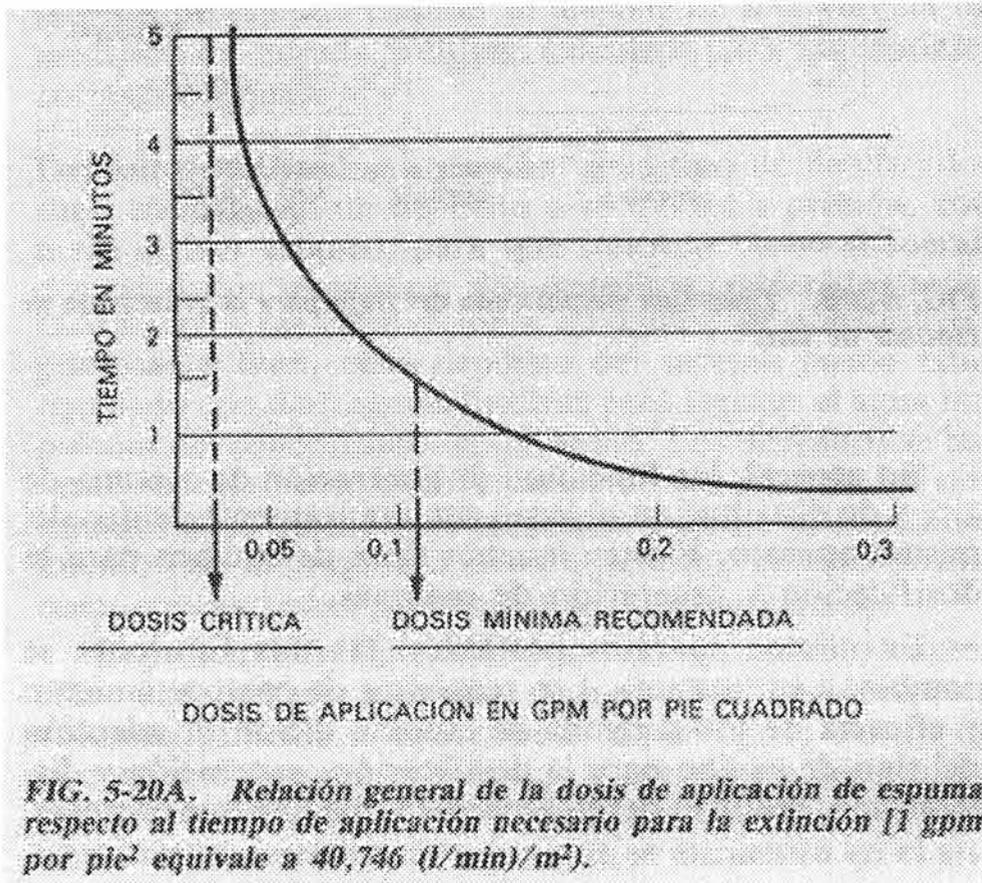
Las siguientes reglas son aplicables al empleo y utilización de las espumas de aire ordinarias.

- Cuanto más suavemente se aplique la espuma, más rápida será la extinción y menos la cantidad total de agente necesario.
- La utilización con éxito de la espuma también depende de la dosis que se aplique. La dosis de aplicación se define en términos de cantidad (en galones o litros) de solución espumante que llegue a la superficie combustible (en términos de pies cuadrados o metros cuadrados de superficie) por minuto. El aumento de la dosis de aplicación por encima del mínimo recomendado reduce generalmente el tiempo necesario para la extinción.

Si la dosis de aplicación es inferior al mínimo recomendado, se prolongará el tiempo necesario para la extinción, la cual podría inclusive no conseguirse.

- La dosis de aplicación crítica es la mínima necesaria para la extinción del fuego bajo una serie de condiciones particulares dadas.
- La dosis de aplicación mínima recomendada es la que ha demostrado experimentalmente ser la más práctica en términos de velocidad y cantidad de agente necesario. La curva general que aparece en la figura ilustra la relación entre dosis y tiempo para la aplicación de espuma.

La curva puede desplazarse hacia la izquierda o hacia la derecha según el combustible y el método de aplicación; de aquí se sigue la necesidad de disponer de sistemas cuidadosamente calculados y proyectados basados en información real obtenida en ensayos.



- En general, las espumas de aire son más estables cuando se generan con agua a baja temperatura. Las temperaturas del agua preferibles oscilan entre 35°F (1.7°C) hasta 80°F (26.7°C). Puede emplearse agua dulce o agua salada. El agua que contenga contaminantes de espuma conocidos, como detergentes, residuos aceitosos o ciertos inhibidores de la corrosión, suele afectar desfavorablemente a la calidad de la espuma.
- Las espumas se ven adversamente influidas por el aire que contenga ciertos productos de combustión. Aunque el efecto sea de poca importancia con la espuma de aire ordinaria y combustibles de hidrocarburos ordinarios, es deseable situar los aparatos productores de espuma fijos, a los lados, en vez de directamente encima del punto que se desea proteger.
- Deben observarse los márgenes de presión recomendados para todos los aparatos. La calidad de la espuma se perjudica si se rebasan los límites máximo y mínimo.
- La mayor parte de las espumas resultan desfavorablemente influidas por contacto con

- Las espumas son conductoras y por lo tanto no se recomienda su empleo contra incendios eléctricos. Si se emplease espuma, la pulverización es menos conductora que el chorro compacto. Sin embargo, como la espuma es coherente y contiene materiales que permiten que el agua conduzca la electricidad, la espuma en chorro pulverizado es más conductora que el agua en forma de niebla.

USOS IMPORTANTES DE LAS ESPUMAS PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS.

Se pueden emplear las espumas en la lucha contra incendios de superficies, siempre que se necesite aprovechar el efecto enfriante del agua, además de las características peliculizantes de una forma opaca y ligera de agua capaz de cerrar el paso a los vapores.

El empleo más importante de las espumas se halla en el ataque de fuegos de líquidos inflamables o combustibles. La espuma es el único agente extintor permanente que se emplea para los incendios de este tipo. Su aplicación permite a los bomberos extinguir los incendios progresivamente. La extensión de una capa de espuma sobre una superficie líquida puede impedir la transmisión del vapor durante cierto tiempo, según la estabilidad y profundidad de la espuma. Los derrames de combustible se hacen rápidamente inofensivos después que haya pasado un tiempo prudencial; a menudo, la espuma no causa efectos perjudiciales sobre el producto con el que entra en contacto. Se pueden emplear espumas para disminuir o detener la generación de vapores inflamables por líquidos o sólidos que no estén en ignición. Pueden emplearse para llenar cavidades o espacios cerrados donde se acumulan gases inflamables o tóxicos.

CARACTERÍSTICAS DE UNA ESPUMA EFECTIVA

Para que una espuma sea efectiva, debe contener una buena mezcla de características físicas.

1. **ABATIMIENTO DE LA VELOCIDAD Y CAPACIDAD DE FLUIR.** El tiempo requerido para que una espuma se extienda a través de la superficie del combustible para lograr la completa extinción del fuego.

2. RESISTENCIA AL CALOR. La espuma debe poder resistir los efectos destructivos del calor ocasionado por vapores de líquidos inflamables; y de cualquier metal combustible o de otros objetos en el área.

3. RESISTENCIA A LOS COMBUSTIBLES. Una espuma efectiva muestra una tolerancia a los combustibles y habilidad para minimizar el restablecimiento de la oxidación del combustible y así la espuma llegará a saturarse y quemarse.

4. ELIMINACIÓN DE VAPORES. Al disolverse el contenido de una espuma, se vaporiza su contenido y estos vapores producidos son capaces de eliminar los vapores combustibles y de minimizar el riesgo de la reignición.

5. TOLERANCIA A LOS ALCOHOLES. Debido a la afinidad de los alcoholes al agua y porque más del 90% del contenido de una espuma es agua, las espumas no tienen una resistencia a los alcoholes y por lo tanto son destruidas.

PROPIEDADES Y COMPARACIONES DE LOS TIPOS DE ESPUMAS CONTRA INCENDIOS

Propiedad	Proteínica	Fluoroproteínica	AFFF	AR-AFFF
Abatimiento	Regular	Buena	Excelente	Excelente
Resistencia al calor	Excelente	Excelente	Regular	Buena
Resistencia a los Combustibles	Regular	Excelente	Moderada	Buena
Eliminación de vapores	Excelente	Excelente	Buena	Buena
Resistencia a los Alcoholes	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Excelente

COMBATE DE INCENDIOS.

El combate de incendios en áreas de proceso, requiere del personal Contra Incendio el conocimiento del proceso que ahí se lleva a cabo y de los equipos empleados para ello.

Al atacar un incendio en plantas, casas de compresoras, bombas, etc. es necesario actuar en forma similar a un ejército, lo primero es evitar que nuestro enemigo, el Fuego, se extienda.

Se deben emplear los diferentes tipos de equipos contra incendio con que se cuentan a fin de no permitir que el incendio llegue a otras áreas.

Una vez logrado esto, se podrá idear con relativa calma, la táctica adecuada para extinguir el fuego: este aspecto requiere, además de los conocimientos antes explicados, tener en cuenta muchos factores tales como:

El proceso que se lleva a cabo en la planta, equipo afectado, material de que está construido este equipo, substancias que maneja, condiciones de operación, condiciones a que está sujeto durante la emergencia, condiciones del terreno, condiciones climatológicas, número de personas que combatirán el fuego, equipo contra incendio disponible. En muchos casos el extinguir un incendio declarado puede crear peligros mayores, como es la posibilidad de una explosión o causar algún daño al equipo incendiado durante la extinción (como es el caso de un enfriamiento brusco con agua) que haga necesario cambiarlo totalmente para poner en operación a la planta. Así que debemos recordar, que en los incendios lo primero es aislarlos y controlarlos, posteriormente se procede a la extinción, después de tomar en cuenta todos los factores necesarios para hacerlo en forma segura y con un mínimo de daños para la planta.

PROPORCIONADO DE ESPUMÓGENO

La espuma de lucha contra incendios es una masa de burbujas rellenas de gas, formadas por diversos métodos, a partir de disoluciones acuosas de agentes espumantes. Puesto que la espuma es más ligera que las disoluciones acuosas con las que se forma y que los líquidos inflamables, flota sobre todos ellos produciendo una capa enfriadora y sellante que elimina el aire, deteniendo o previniendo la combustión.

Hay espumas de lucha contra incendios formuladas de diferentes maneras; unas son espesas y viscosas, formando una capa resistente al calor sobre las superficies de los líquidos en combustión y áreas verticales; otras son más finas y se propagan con mayor rapidez. Hay diversos métodos de generación a aplicación de espumas.

Para utilizar espumas de protección contra incendios, es necesario conocer sus características generales. La espuma se destruye y vaporiza su contenido en agua cuando es atacada por el calor; por lo tanto, debe aplicarse sobre una superficie en combustión, con suficiente volumen y velocidad para compensar esta pérdida y proporcionar una cantidad adicional que garantice una capa de espuma residual. La espuma es una emulsión “aire-agua” inestable y puede romperse fácilmente por fuerzas mecánicas o físicas. Ciertos fluidos o vapores químicos pueden destruir la espuma, puede producirse su destrucción. Las turbulencias del aire o los gases de combustión que ascienden violentamente de los incendios, pueden desviar las espumas ligeras hacia zonas lejanas a la de combustión.

El proceso de producción y aplicación de espuma extintora a los riesgos requiere tres operaciones independientes que consumen energía; estas son:

1. Proceso de proporcionado de espumógeno
2. Fase de generación de espuma
3. Método de distribución.

En la práctica general, las funciones de generación y distribución de espuma se realizan, casi simultáneamente, en el mismo equipo. Existen muchos tipos de equipos para proporcionar y generar espuma.

En algunos equipos portátiles las tres funciones se combinan en un mismo dispositivo. Los requisitos de diseño y comportamiento de los sistemas de espuma condicionan la elección de los equipos de proporcionado, generación y distribución de espuma para la protección de riesgos específicos.

1. Proceso de proporcionado de espumógeno
2. Fase de generación de espuma
3. Método de distribución.

Sistemas Rociadores de Agua-Espuma.

Las ventajas que ofrecen los sistemas rociadores de agua instalados convenientemente, en cuanto a la seguridad de vidas y propiedades en muchos tipos de riesgo, son sobradamente conocidas. En aquellas áreas donde se fabrican, almacenan y manipulan líquidos combustibles e inflamables puede resultar inefectivo la descarga de agua para el control de los incendios. La evolución de los generadores de espuma de tipo aspiración y de las boquillas pulverizadoras ha reemplazado satisfactoriamente a las boquillas rociadoras de agua para el control de los incendios y salvaguardia de las propiedades en este tipo de riesgos.

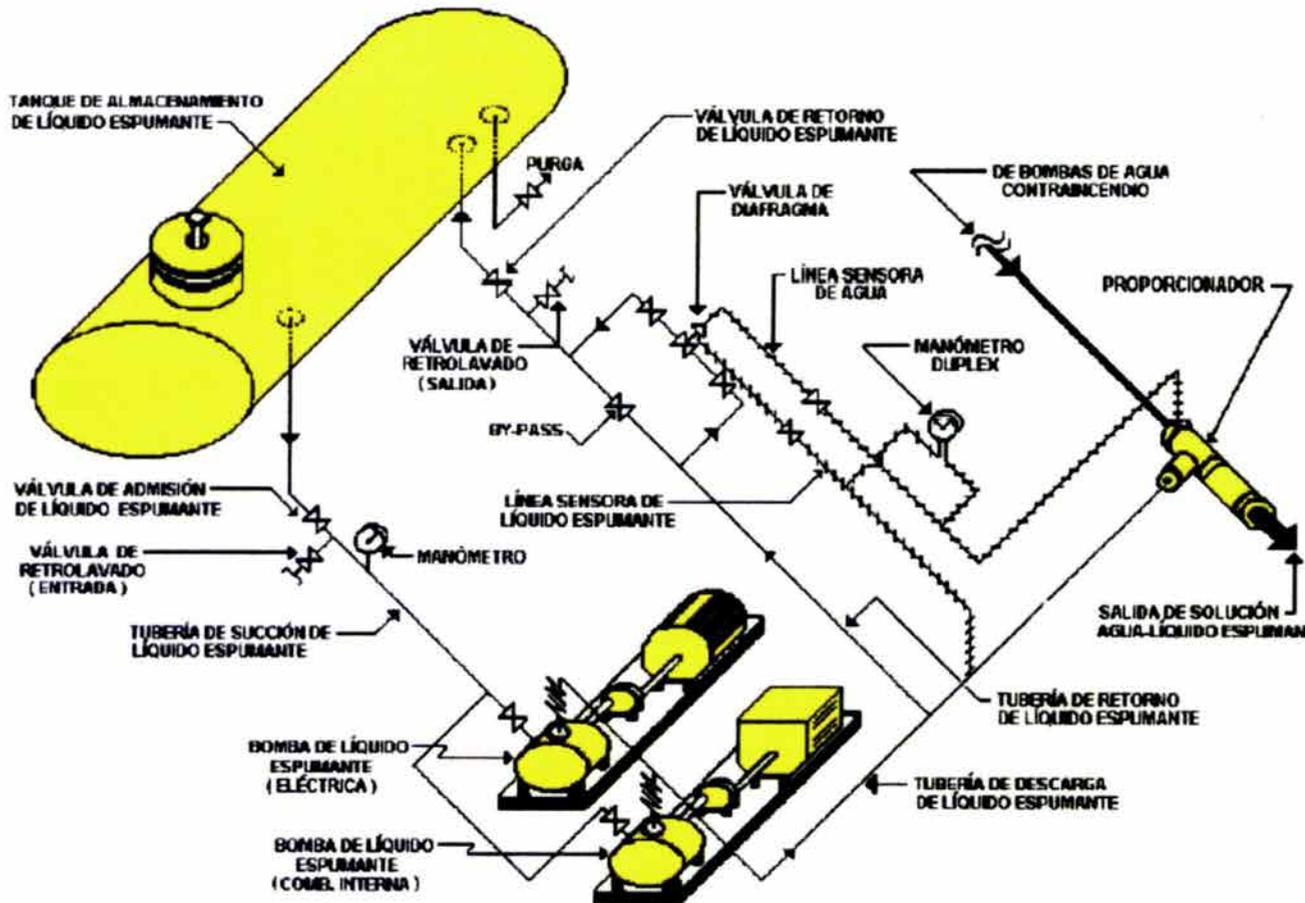
Cuando se alimentan con disolución espumante las redes de tubería equipadas con boquillas agua-espuma, se genera espuma con el mismo modo de descarga que cuando se alimentan de agua las mismas boquillas. Esta doble capacidad aporta al sistema la ventaja de poder extinguir fuegos de clase A y clase B.

MEDIOS DE PROPORCIÓN DE CONCENTRADO DE ESPUMA

Acorde a NFPA 16 la inyección de presión balanceada o presión positiva deben ser los métodos seleccionados para la inyección de los concentrados de espuma al agua que fluye a través de la tubería de suministro al sistema contra incendio (ver capítulo No. 7).

- En sistemas de presión balanceada, el suministro de solución espumante debe llevarse a cabo por medio de tuberías independientes para cada cámara de espuma, que se encuentren conectadas a un cabezal general de espuma que provenga de un cabezal de distribución cercano al cobertizo contraincendio. A su vez, este cabezal de distribución de espuma estará conectado al sistema fijo de generación de espuma.
- Todos los componentes de un sistema de presión balanceada, deben contar con certificación de funcionamiento otorgada por un laboratorio reconocido.
- Independiente de los distanciamientos mínimos especificados en esta norma, el cobertizo del sistema de presión balanceada debe estar localizado en un lugar estratégico que no sea susceptible de sufrir daños por contingencias; su construcción debe llevarse a cabo con materiales no compatibles y sus dimensiones deben ser lo suficientemente amplias para facilitar la operación y el mantenimiento de los equipos. El cobertizo debe tener buena iluminación tanto natural como artificial, así como ventilación y drenaje adecuados que permitan mantener su interior seco y libre de humedad.
- En todos los casos, los sistemas de presión balanceada deben contar con equipos de bombeo de líquido espumante tanto principales como de relevo. De acuerdo a los requerimientos del centro de trabajo, estas bombas podrán contar con los mecanismos necesarios para que su arranque sea automático, en base a condiciones de operación predeterminadas.

- En las Terminales de Almacenamiento y Distribución, la capacidad de almacenamiento del tanque de líquido espumante para el sistema de presión balanceada debe ser suficiente para permitir la operación continua durante 2 (dos) horas como mínimo, de la bomba principal de concentrado espumante a su gasto máximo. Para los centros de trabajos restantes, este tiempo será (una) hora como mínimo.





Sistema de presión balanceada compuesto por un tanque de almacenamiento de agente espumante por una bomba eléctrica de agente espumante y una de combustión interna

CAPÍTULO VI NORMA OFICIAL MEXICANA 002-STPS-2000

Índice.

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Obligaciones del patrón
4. Obligaciones de los trabajadores
5. Programa específico de seguridad para la prevención, protección y combate de incendios
6. Relación de medidas preventivas para la prevención, protección y combate de incendios
7. Requisitos de seguridad
8. Requisitos para la brigada contra incendios.
9. Inspección y mantenimiento de extintores
10. Unidades de verificación
11. Vigilancia

1. Objetivo

Establecer las condiciones mínimas de seguridad que deben existir, para la protección de los trabajadores y la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.

2. Campo de Aplicación

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

3. Obligaciones del Patrón

3.1 Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando ésta así se lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

3.2 Informar a todos los trabajadores de los riesgos de incendio.

3.3 Determinar el grado de riesgo de incendio y cumplir con los requisitos de seguridad correspondientes.

3.4 Instalar equipos contra incendio, de acuerdo al grado de riesgo de incendio a la clase de fuego que se pueda.

3.5 Verificar que los extintores cuenten con su placa o etiqueta, colocada al frente que contenga por lo menos la siguiente información:

- a) nombre, denominación o razón social del fabricante o prestador de servicios.
- b) en su caso, nemotecnia de funcionamiento y pictograma de la clase de fuego (A, B, C o D);
- c) Fecha de fabricación o del último servicio de mantenimiento realizado, indicando al menos mes y año
- d) en su caso, agente extinguidor.
- e) en su caso, la contraseña oficial del organismo de certificación, y aprobado en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para aquellos detectores o equipos que así lo requieran.

3.7 Establecer por escrito y aplicar un programa específico de seguridad para la prevención, protección y combate de incendios.

En los centros de trabajo con menos de 100 trabajadores cuyo grado de riesgo sea medio o bajo, basta con establecer por escrito y cumplir una relación de medidas preventivas de protección y combate de incendios.

3.8 Proporcionar a todos los trabajadores capacitación y adiestramiento para la prevención y protección de incendios, y combate de conatos de incendio.

3.9 Realizar simulacros de incendio cuando menos una vez al año.

3.10 Organizar y capacitar brigadas de evacuación del personal y de atención de primeros auxilios. En los centros de trabajo donde se cuente con más de una brigada, debe haber una persona responsable de coordinar las actividades de las brigadas.

3.11 Integrar y capacitar brigadas contra incendio en los centros de trabajo con alto grado de riesgo de incendio, y proporcionarles el equipo de protección personal específico para el combate de incendios, de acuerdo con lo establecido en la NOM-17-STPS-1993 (relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo).

3.12 Contar con detectores de incendio acordes al grado de riesgo de incendio en las distintas áreas del centro de trabajo, para advertir al personal que se produjo un incendio o que se presentó alguna otra emergencia.

4. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES.

4.1 Cumplir con las medias de prevención, protección y combate de incendios establecidas por el patrón.

4.2 Participar en las actividades de capacitación y adiestramiento proporcionadas por el patrón para la prevención y combate de incendios.

4.3 En caso de ser requerido, auxiliar en las emergencias que se presenten en el centro de trabajo.

4.4 Cumplir con las instrucciones de uso y mantenimiento del equipo de protección personal proporcionado por el patrón.

4.5 Participar en las brigadas contra incendios, de evacuación de personal y de atención de primeros auxilios, cuando sea requerido por el patrón.

4.6 Avisar al patrón en caso de inicio de fuego o alguna otra emergencia.

5. PROGRAMA ESPECÍFICO DE SEGURIDAD PARA LA PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS.

Este programa debe contener:

- a. Los procedimientos de seguridad para prevenir riesgos de incendios y, en caso de un incendio, los procedimientos para regresar a condiciones normales de operación:
- b. El tipo y la ubicación del equipo de combate de incendios.
- c. La señalización de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998, de la localización del equipo contra incendio, ruta de evacuación y salidas de emergencia.
- d. La capacitación y adiestramiento que se debe proporcionar a todos los trabajadores para el uso y manejo de extintores, y para la evacuación de emergencia.
- e. La descripción de las características de los simulacros de evacuación para emergencias, como son: la ubicación de las rutas de evacuación, de las salidas de emergencia y de las zonas de seguridad, lo relativo a la solicitud de auxilio a cuerpos especializados para la atención de la emergencia, y la forma de evacuar al personal. Dichos simulacros, deben practicarse al menos una vez cada doce meses, con la participación de todos los trabajadores, debiéndose registrar sus resultados.
- f. La capacitación y adiestramiento que se debe proporcionar a las brigadas para el combate de incendios, de acuerdo a las características de los materiales existentes en el centro de trabajo, y la relativa a la evacuación del personal y al a atención de primeros auxilios.

- g. El registro del cumplimiento de la revisión mensual y mantenimiento preventivo anual realizado al equipo contra incendios y a los detectores de incendios para garantizar su funcionamiento y operación.
- h. Establecer por escrito un plan de emergencia para casos de incendio que contenga las actividades a desarrollar por los integrantes de las brigadas, que incluya su difusión y la forma de verificar su aplicación.
- i. El registro del cumplimiento de la revisión anual efectuada a las instalaciones eléctricas del centro de trabajo, realizada por personal capacitado y autorizado por el patrón, la cual debe comprender al menos: tableros, transformadores, cableado, contactos y motores, considerando las características de humedad y ventilación.

6. RELACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN, PROTECCIÓN Y COMBATE DE INCENDIOS.

Esta relación debe contener:

- a. Las instrucciones de seguridad para prevenir riesgos de incendio.
- b. Las zonas en que se deban colocar señales, de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998, para la prevención del riesgo de incendio, restringiendo o prohibiendo el uso de cerillos o cigarros, y de cualquier equipo de llama abierta.
- c. Las instrucciones de seguridad para los trabajadores, sobre el procedimiento a seguir en caso de incendio,
- d. El número de extintores, su tipo y ubicación, señalizados conforme a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.
- e. El registro del cumplimiento de la revisión mensual y mantenimiento preventivo realizado al equipo contra incendio.
- f. La capacitación que se debe impartir a todos los trabajadores, por lo menos una vez al año, sobre el uso y manejo del equipo contra incendio con que se cuenta.

g. El registro del cumplimiento de la revisión anual realizada a las instalaciones eléctricas del centro de trabajo efectuada por personal capacitado y autorizado por el patrón, la cual debe comprender al menos: tableros, transformadores, cableado, contactos y motores, considerando las características de humedad y ventilación.

7. REQUISITOS DE SEGURIDAD

7.1 De las salidas normales y de emergencia.

7.1.1 La distancia a recorrer desde el punto más alejado del interior de una edificación, a un área de salida, no debe ser mayor de 40 metros.

7.1.1.1 En caso de que la distancia sea mayor a la señalada en el apartado anterior, el tiempo máximo en que debe evacuarse al personal a un lugar seguro, es de tres minutos. Lo anterior, debe comprobarse en los registros de los simulacros de evacuación.

7.1.2 Los elevadores no deben ser considerados parte de una ruta de evacuación y no se deben usar en caso de incendio

7.1.3 Las puertas de las salidas normales de la ruta de evacuación y de salidas de emergencia deben:

- a. Abrirse en el sentido de la salida, y contar con un mecanismo que las cierre y otro que permita abrirlas desde adentro mediante una operación simple de empuje.
- b. Estar libres de obstáculos, candados, picaportes o de cerraduras con seguros puestos, durante las horas laborales.
- c. Comunicar a un descanso, en caso de acceder a una escalera.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

- d. Ser de materiales resistentes al fuego y capaces de impedir el paso del humo entre áreas de trabajo.
- e. Estar identificadas conforme a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.

7.1.4 Los pasillos, corredores, rampas y escaleras que sean parte del área de salida deben cumplir con lo siguiente:

- a. Ser de materiales ignífugos y, si tienen acabados, éstos deben ser de materiales resistentes al fuego.
- b. Estar libres de obstáculos que impidan el tránsito de los trabajadores.
- c. Identificación con señales visibles en todo momento, que indiquen la dirección de la ruta de evacuación, de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998.

7.2 Del equipo contra incendio.

7.2.1 Los extintores deben recibir, cuando menos una vez al año, mantenimiento preventivo, a fin de que se encuentren permanentemente en condiciones seguras de funcionamiento.

7.2.2 Los equipos contra incendio se clasifican:

- a. Por su tipo en:
 - 1) portátiles
 - 2) móviles
 - 3) fijos, que pueden ser manuales, semiautomáticos o automáticos.
- b. Por el agente extinguidor que contienen.

7.2.3 En la instalación de los extintores se debe cumplir con lo siguiente:

- a) Colocarse en lugares visibles, de fácil acceso y libres de obstáculos, de tal forma que el recorrido hacia el extintor más cercano, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios para llegar a uno de ellos, no exceda de 15 metros desde cualquier lugar ocupado en el centro de trabajo.
- b) Fijarse entre una altura del piso no menor de 10 cm, medidos del suelo a la parte más baja del extintor y una altura máxima de 1.50 m, medidos del piso a la parte más alta del extintor.
- c) Colocarse en sitios donde la temperatura no exceda de 50°C y no sea menor de -5°C.
- d) Estar protegidos de la intemperie.
- e) Señalar su ubicación de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998
- f) Estar en posición para ser usados rápidamente.
- g) Por ser obsoletos, no se puede dar cumplimiento a lo establecido en la presente Norma con la instalación de extintores de cobre o de bronce manufacturados con remaches o soldadura blanda (excepto los de bomba manual), y con los agentes extinguidores relacionados a continuación:
 - 1. Soda-ácido
 - 2. Espuma química
 - 3. Líquido vaporizante (como: tetracloruro de carbono, bromuro de metilo)
 - 4. Agua con anticongelante operado por cartucho o cápsula.

7.2.4 En la instalación de sistemas fijos contra incendio, se debe cumplir con lo siguiente:

- a. Colocar los controles en sitios visibles y de fácil acceso, libres de obstáculos y protegidos de la intemperie y señalar su ubicación de acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998;
- b. Tener una fuente autónoma y automática para el suministro de la energía necesaria para su funcionamiento en caso de falla.
- c. Los sistemas automáticos deben contar con un control manual para iniciar el funcionamiento del sistema, en caso de falla.
- d. Las mangueras del equipo fijo contra incendio pueden estar en un gabinete cubierto por un cristal de hasta 4mm de espesor, y cuente en su exterior con una herramienta, dispositivo o mecanismo de fácil apertura que permita romperlo o abrirlo y acceder fácilmente a su operación en caso de emergencia.

7.3 Requisitos para las áreas, locales y edificios, de acuerdo a su grado de riesgo de incendio.

7.3.1 Grado de riesgo alto.

7.3.1.1 Se deben aislar las áreas, locales o edificios, separándolos por distancias o por pisos, muros o techos de materiales resistentes al fuego; uno u otro tipo de separación debe seleccionarse y determinar sus dimensiones tomando en cuenta los procesos o actividades que ahí se realicen, así como las mercancías, materias primas, productos o subproductos que se fabriquen, almacenen o manejen.

7.3.1.2 Las áreas, locales o edificios destinados a la fabricación, almacenamiento o manejo de mercancías, materias primas, productos o subproductos, en los volúmenes establecidos en la columna de alto grado riesgo de incendio de la tabla A1, deben cumplir con lo siguiente:

- a. Ser de materias resistentes al fuego.
- b. Estar aislados de cualquier fuente externa de calor, para evitar el riesgo de incendio.
- c. Restringir el acceso a toda persona no autorizada.

d. De acuerdo a lo establecido en la NOM-026-STPS-1998, en su entrada e interior y según el riesgo específico, se deben colocar en lugar visible señales que indiquen las prohibiciones, acciones de mando, precauciones y la información necesaria para prevenir riesgos de incendio.

e. Limitar la cantidad de dichos materiales a la requerida para esas actividades.

f. En su caso, disponer de recipientes portátiles de seguridad para líquidos inflamables y combustibles y para residuos sólidos con líquidos inflamables, mismos que deben contar con arrestador de flama y con un dispositivo que no permita que se fuguen los líquidos.

7.3.1.3 En cada nivel del centro de trabajo, por cada 200m² o fracción del área de riesgo, se debe instalar, al menos, un extintor de acuerdo a la clase de fuego.

7.3.1.4 Contar con el programa específico de seguridad para la prevención, protección y combate de incendios.

7.3.1.5 Contar con equipo fijo contra incendio, de acuerdo al estudio que se realice, mismo que debe determinar su tipo y características, y ser complementario a los extintores.

7.3.1.6 Contar con detectores de incendio de acuerdo al estudio que se realice, mismo que debe determinar su tipo y características.

7.3.1.7 Contar con detectores de gases en las áreas donde se procesen o almacenen gases combustibles.

7.3.1.8 Contar con brigada contra incendio.

7.3.2 Grado de riesgo medio.

- a. En cada nivel del centro de trabajo, por cada 300m² o fracción, se debe instalar al menos un extintor de acuerdo a la clase de fuego.
- b. Contar con el programa específico de seguridad o con la relación de medidas para la prevención, protección y combate de incendios.
- c. Tener detectores de incendio.

7.3.3 Grado de riesgo bajo.

- a. En cada nivel del centro de trabajo, instalar al menos un extintor de acuerdo a la clase de fuego.
- b. Contar con la relación de medidas de prevención, protección y combate de incendios.
- c. Tener al menos un detector de incendio.

8. REQUISITOS DE LA BRIGADA CONTRA INCENDIOS

Los integrantes de la brigada contra incendios deben ser capaces de:

- a. Detectar los riesgos de la situación de emergencia por incendio, de acuerdo con los procedimientos establecidos por el patrón.
- b. Operar los equipos contra incendio, de acuerdo con los procedimientos establecidos por el patrón o con las instrucciones del fabricante.
- c. Proporcionar servicios de rescate de personas y salvamento de bienes, de acuerdo con los procedimientos establecidos por el patrón.

- d. Reconocer si los equipos y herramientas contra incendio están en condiciones de operación.

- e. El coordinador de la brigada debe contar con el certificado de competencia laboral, expedido de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica de Competencia laboral de Servicios contra Incendios, del Consejo de Normalización para la Certificación de Competencia Laboral.

9. REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE EXTINTORES.

9.1 Revisión.

9.1.1 Los extintores deben revisarse al momento de su instalación y, posteriormente, a intervalos no mayores de un mes.

9.1.2 La revisión de los extintores debe ser visual y comprender al menos que:

- a. El extintor esté en el lugar designado.

- b. El acceso y señalamiento del extintor no estén obstruidos.

- c. Las instrucciones de operación sobre la placa del extintor sean legibles.

- d. Los sellos de inviolabilidad estén en buenas condiciones.

- e. Las lecturas del manómetro estén en el rango de operable; cuando se trate de extintores sin manómetro, se debe determinar por peso si la carga es adecuada.

- f. Se observe cualquier evidencia de daño físico como: corrosión, escape de presión u obstrucción.

g. Se verifiquen las condiciones de las ruedas del vehículo de los extintores sobre ruedas.

h. Las válvulas, las mangueras y las boquillas de descarga estén en buen estado.

9.1.3 En caso de encontrar que no cumple con lo dispuesto en cualquiera de las condiciones señaladas en los incisos a) y b) del apartado 9.1.2 estas se debe corregir de inmediato.

9.1.4 En caso de encontrarse que no cumple con lo dispuesto en cualquiera de las condiciones señaladas en los c) al h), del apartado 9.1.2, el extintor debe ser sometido a mantenimiento.

9.2 Mantenimiento.

9.2.1 Los extintores deben recibir mantenimiento cuando menos una vez al año, durante su mantenimiento deben ser sustituidos por equipo para el mismo tipo de fuego, y por lo menos de la misma capacidad.

9.2.2 El mantenimiento consiste en la verificación completa del extintor por el prestador de servicios, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Dicho mantenimiento debe ofrecer la máxima garantía de que el extintor funcionará efectivamente y cumplir, en su caso, con las normas oficiales mexicanas expedidas en la materia, o en su defecto, incluir un examen completo y, de requerirlo, cualquier tipo de reparación o sustitución de partes con repuestos originales.

Se debe identificar claramente que se efectuó un servicio de mantenimiento preventivo, colocando una etiqueta adherida al extintor indicando la fecha, nombre o razón social y domicilio completo del prestador de servicios.

9.2.3 La recarga es el reemplazo total del agente extinguidor por uno nuevo, entregando el prestador de servicios de mantenimiento la garantía por escrito del servicio realizado y, en su caso, el extintor debe contar con la contraseña oficial de un organismo de certificación, acreditado y aprobado, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

10. UNIDADES DE VERIFICACIÓN

10.1 El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación acreditada y aprobada, de conformidad a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

10.2 Los dictámenes de las unidades de verificación a que hace referencia el párrafo anterior, deben consignar la siguiente información:

a. Datos del centro de trabajo verificado:

1. Nombre, denominación o razón social
2. Domicilio completo
3. Nombre y firma del representante legal.

b. Datos de la unidad de verificación:

1. Nombre, denominación o razón social
2. Domicilio completo
3. Número de aprobación otorgado por la Secretaría del Trabajo Y Previsión Social
4. Número consecutivo de identificación del dictamen
5. Fecha de la verificación
6. Clave y nombre de la norma verificada
7. Resultado de la verificación
8. Si incluye pruebas de laboratorio, el informe correspondiente
9. Lugar y fecha de la firma del dictamen
10. Nombre y firma del representante legal
11. Vigencia del dictamen

10.3 La vigencia de los dictámenes favorables emitidos por las unidades de verificación, será de dos años.

APÉNDICE A DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RIESGO DE INCENDIO

A.1 Para determinar el grado de riesgo de incendio en el centro de trabajo, el patrón debe seleccionar el rubro de la tabla A1 que más se apegue a las características de su centro de trabajo. Este sistema establece los criterios básicos para determinar su grado de riesgo.

TABLA A1 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE RIESGO DE INCENDIO

CONCEPTO	GRADO DE RIESGO		
	Bajo	Medio	Alto
Altura de la edificación en metros	Hasta 25	No aplica	Mayor a 25
Número total de personas que ocupan el local incluyendo trabajadores	Menor de 15	Entre 15 y 250	Mayor de 250
Superficie construida en metros cuadrados	Menor de 300	Entre 300 y 3000	Mayor de 3000
Inventario de gases inflamables en litros	Menor 500	Entre 500 y 3000	Mayor de 3000
Inventario de líquidos inflamables en litros	Menor 250	Entre 250 y 1000	Mayor de 1000
Inventario de sólidos combustibles en litros	Menor 500	Entre 500 y 2000	Mayor de 2000
Inventario de sólidos combustibles en kilogramos	Menor de 1000	Entre 1000 y 5000	Mayor de 5000
Inventario de materiales pirofóricos y explosivos	No tiene	No aplica	Cualquier cantidad

A.2 Indicaciones para la determinación del grado de riesgo

A.2.1 La clasificación se determinará por el grado de riesgo más alto que se tenga

A.2.2 En caso de quedar clasificado en el grado de riesgo alto o medio, se podrá separar el centro de trabajo en áreas aisladas para evaluarlas de acuerdo a la tabla A1.

11. VIGILANCIA.

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma, corresponde a la Secretaría del trabajo y Previsión Social.

GUÍA DE REFERENCIA I DETECTORES DE INCENDIO. El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la Norma y no es de cumplimiento obligatorio.

I.1 Recomendaciones para la detección de incendio en los centros de trabajo.

I.1.1 Se recomienda que para la selección y colocación de los detectores de incendio que se instalen en los centros de trabajo se consideren el grado de riesgo, las características de las mercancías, las materias primas, los productos o subproductos que se manejen; los procesos, las operaciones y actividades que se desarrollen; las características estructurales del centro de trabajo y el radio de acción de los detectores.

I.1.2 Para tal efecto, existen diversos tipos de detectores de incendio:

- a. De humo
- b. De calor
- c. De gases de combustión
- d. De flama
- e. Otros tipos de detectores que detectan algún indicador de incendio.

I.2 Recomendaciones para la selección y colocación de los detectores de incendio

I.2.1 Detectores de humo:

- a. Los detectores de humo más usados son los que utilizan los principios de ionización y/o fotoelectrónicos

- b. Como regla general se recomienda instalar un detector por cada 80m² de techo, sin obstrucciones entre el contenido del área y el detector, y una separación máxima de nueve metros entre los centros de detectores; sin embargo, estas medidas pueden aumentarse o disminuirse dependiendo de la velocidad estimada de desarrollo del fuego.

I.2.2 Detectores de Calor:

- a. Los detectores de calor más usados son los de temperatura fija y, los más comunes, son los que se enlistan en tabla I.

TABLA I DETECTORES DE USO COMÚN

CLASIFICACIÓN DE TEMPERATURA	RANGO DE DETECCIÓN	PARA COLOCARSE EN TEMPERATURA AMBIENTE MÁXIMA BÁJO TECHO °C (°F)
Ordinaria	58 a 79 (135 a 174)	38 (100)
Intermedia	80 a 121 (175 a 249)	66 (150)
Alta	122 a 162 (250 a 324)	107 (225)

- b. Para la selección y colocación de los detectores de calor se recomienda realizar un estudio técnico, ya que la altura de los techos, la temperatura bajo el techo y el tipo de fuego, son las variables que determinan dichos factores.

I.2.3 Para la selección y colocación de los detectores de gases de combustión, detectores de flama y otros tipos de detectores de incendio, se recomienda realizar un estudio técnico debido a lo complejo de su selección.

I.3 Características.

I.3.1 Se recomienda que los sistemas de detección de incendio, cuenten con algunas de las siguientes características:

- a. Tener un sistema de supervisión automático.
- b. Tener dispositivos de alarma remotos, visuales y/o sonoros.
- c. Tener un sistema de localización de la señal de alarma
- d. Tener suministro de energía eléctrica de corriente alterna y contar con un respaldo de baterías.

I.3.2 Se recomienda que los detectores de incendio funcionen con corriente alterna y/o continua, y cuenten con alarma sonora y/o visual integrada. El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la Norma y no es de cumplimiento obligatorio.

II. GUÍA DE REFERENCIA II SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO

II.1 Se recomienda que éstas cumplan al menos con:

- a. Ser de circuito cerrado
- b. Contar con una memoria de cálculo del sistema de red hidráulica contra incendio
- c. Contar con un suministro de agua exclusivo para el servicio contra incendios, independiente a la que se utilice para servicios generales.
- d. Contar con un abastecimiento de agua al menos 2 horas, a un flujo 946 l/min, o definirse de acuerdo a los siguientes parámetros:
 1. El riesgo a proteger
 2. El área construida

3. Una dotación de 5 litros por cada m² de construcción
 4. Un almacenamiento mínimo de 20 m³ en la cisterna.
- e. Contar con un sistema de bombeo para impulsar el agua a través de toda la red de tubería instalada.
 - f. Contar con un sistema de bombeo que debe tener, como mínimo 2 fuentes de energía, a saber: eléctrica y de combustión interna, y estar automatizado
 - g. Contar con una conexión siamesa accesible y visible para el servicio de bomberos, conectada a la red hidráulica y no a la cisterna o fuente de suministro de agua.
 - h. Tener conexiones y accesorios que sean compatibles con el servicio de bomberos
 - i. Mantener una presión mínima de 7 kg/cm² en toda la red.

GUÍA DE REFERENCIA III BRIGADAS DE EMERGENCIA.

III.1 Formación de brigadas

III.1.1 Los centros de trabajo pueden contar con las brigadas que a continuación se mencionan:

- a. De evacuación
- b. De primeros auxilios
- c. De prevención y combate de incendios
- d. De comunicación

III.1.2 Las brigadas son los grupos de personas organizadas y capacitadas para emergencias, mismos que serán responsables de combatirlos de manera preventiva o ante la eventualidad de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre, dentro de una empresa, industria o establecimiento, y cuya función está orientada a salvaguardar a las personas, sus bienes y el entorno de los mismos.

III.1.3 De acuerdo a las necesidades del centro de trabajo, las brigadas pueden ser multifuncionales, es decir, los brigadistas podrán actuar en dos o más especialidades.

III.1.4 Cada una de las brigadas tendrá como mínimo tres integrantes y como máximo siete, y se integrarán por un jefe de brigada y brigadistas.

III.1.5 Los centros de trabajo que tengan varias áreas de riesgo, determinarán el número de brigadas que sean necesarias.

III.2 Características de los brigadistas

- a. Vocación de servicio y actitud dinámica
- b. Tener buena salud física y mental
- c. Con disposición de colaboración
- d. Con don de mando y liderazgo
- e. Con conocimientos previos en la materia
- f. Con capacidad para la toma de decisiones
- g. Con criterio para resolver problemas
- h. Con responsabilidad, iniciativa, formalidad, aplomo y cordialidad
- i. Estar conscientes de que esta actividad se hace de manera voluntaria
- j. Estar motivado para el buen desempeño de esta función, que consiste en la salvaguarda de la vida de las personas.

III.3 Funciones generales de las brigadas

- a. Coayudar a las personas a conservar la calma en caso de emergencia.
- b. Accionar el equipo de seguridad cuando lo requiera
- c. Difundir entre la comunidad del centro de trabajo, una cultura de prevención de emergencias
- d. Dar la voz de alarma en caso de presentarse un alto riesgo, siniestro o desastre o la simple posibilidad de ellos, así como cuando se realicen simulacros de evacuación
- e. Suplir ó apoyar a los integrantes de otras brigadas cuando se requiera
- f. Cooperar con los cuerpos de seguridad externos.

III.4 Funciones y actividades de la brigada de evacuación

- a. Implementar, colocar y mantener en buen estado la señalización del inmueble, lo mismo que los planos guía. Dicha señalización incluirá a los extintores, botiquines e hidrantes.
- b. Contar con un censo actualizado y permanente del personal
- c. Dar la señal de evacuación de las instalaciones, conforme las instrucciones del coordinador general
- d. Participar tanto en los ejercicios de desalojo, como en situaciones reales.
- e. Ser guías y retaguardias en ejercicios de desalojo y eventos reales, llevando a los grupos de personas hacia las zonas de menor riesgo y revisando que nadie se quede en su área de competencia.
- f. Determinar los puntos de reunión
- g. Conducir a las personas durante un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre hasta un lugar seguro, a través de rutas libres de peligro.
- h. Verificar de manera constante y permanente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos
- i. En caso de que una situación amerite la evacuación del inmueble y la ruta determinada previamente se encuentre obstruida o represente algún peligro, indicar al personal las rutas alternas de evasión.
- j. Realizar un censo de las personas al llegar al punto de reunión
- k. Coordinar el regreso del personal a las instalaciones en caso de simulacro o en caso de una situación diferente a la normal, cuando ya no exista peligro.
- l. Coordinar las acciones de repliegue, cuando sea necesario.

III.5 Funciones y actividades de la brigada de primeros auxilios.

- a. Contar con un listado de personas que presenten enfermedades crónicas, y tener los medicamentos específicos para tales casos.
- b. Reunir a la brigada en un punto predeterminado en caso de emergencia, e instalar el puesto de socorro necesario para atender el alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre.

- c. Proporcionar los cuidados inmediatos y temporales a las víctimas de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre, a fin de mantenerlas con vida y evitarles un daño mayor, en tanto se recibe la ayuda médica especializada.
- d. Entregar al lesionado a los cuerpos de auxilio
- e. Realizar, una vez controlada la emergencia, el inventario de los equipos que requerirán mantenimiento y de los medicamentos utilizados, así como reponer estos últimos, notificándole al jefe de piso.
- f. Mantener actualizado, vigente y en buen estado los botiquines y medicamentos.

III.6 Funciones y actividades de la brigada de prevención y combate de incendios.

- a. Intervenir con los medios disponibles para tratar de evitar que se produzcan daños y pérdidas en las instalaciones como consecuencia de una amenaza de incendio.
- b. Vigilar el mantenimiento del equipo contra incendio
- c. Vigilar que no haya sobrecarga de líneas eléctricas, ni que exista acumulación de material inflamable.
- d. Vigilar que el equipo contra incendios sea fácil localización y no se encuentre obstruido
- e. Verificar que las instalaciones eléctricas y de gas, reciban el mantenimiento preventivo y correctivo de manera permanente, para que las mismas ofrezcan seguridad.
- f. Conocer el uso de los equipos de extinción de fuego, de acuerdo a cada tipo de fuego.

Las funciones de la brigada cesarán, cuando arriben los bomberos o termine el conato de incendio.

III.7 Funciones de la brigada de comunicación.

- a. Contar con un listado de números telefónicos de los cuerpos de auxilio en la zona, mismos que deberá dar a conocer a toda la comunidad.
- b. Hacer las llamadas a los cuerpos de auxilio, según el alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre que se presente.

- c. En coordinación con la brigada de primeros auxilios, tomará nota del número de la ambulancia o ambulancias el nombre.
- d. Recibir la información de cada brigada, de acuerdo al alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre que se presente, para informarle al coordinador general y cuerpos de emergencia.
- e. Dar informes a la prensa, cuando el alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre lo amerite
- f. Permanecer en el puesto de comunicación a instalarse hasta el último momento, previo acuerdo con el jefe de brigada, o bien, si cuenta con aparatos de comunicación portátiles, los instalará en el punto de reunión.

CAPÍTULO VII NORMA 16 NFPA

OBJETIVO

El objetivo de esta norma es proveer de un grado de protección para la vida mediante requisitos mínimos para la instalación de rociadores de espuma-agua basados en sólidos principios de ingeniería y experiencia.

Nada en esta norma intenta restringir las nuevas tecnologías ni tampoco alterar acuerdo alguno, si no proveer de un nivel de seguridad.

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL SISTEMA

1.1 Los sistemas de agua-espuma de tipo diluvio pueden ser provistos con

1.2 Los sistemas de espuma-agua pueden ser de tubería húmeda, tubería seca ó diluvio.

1.3 Los sistemas con rociadores pueden descargar agua hasta un paro manual

1.4 Los sistemas con rociadores y pueden descargar solución de espuma o agua a partir de los mismos dispositivos. Por la dualidad de descarga que tiene el sistema, éstos sistemas pueden ser aplicables para una combinación de fuego Clase A y Clase B.

1.5 Los sistemas de tipo inundación son aplicables para la protección contra fuegos dimensionales ocasionados por líquidos inflamables. Éstos son permitidos para ser usados para cualquiera de los siguientes propósitos ó combinaciones y son :

a) Extinción. El propósito principal de tales sistemas es el extinguir el fuego. Para este propósito, la descarga de espuma puede ser suministrada por el diseño del sistema. Las velocidades de descarga

b) Prevención. La operación del sistema para la descarga de agua o espuma a los dispositivos de descarga en caso de acumulaciones de materiales peligrosos por derrames en tales circunstancias como garages, hangares, plantas petroquímicas, plantas de pinturas o barnices ó para otras causas en un área protegida, suministrará la protección contra la ignición.

En tales casos la operación manual del sistema provee una cobertura en el área con la descarga de agua manualmente disponible.

c) Control y Protección Expuesta. El control del fuego para permitir la combustión controlada de materiales combustibles donde la extinción no es posible y la protección expuesta para reducir la transferencia de calor de un fuego expuesto puede ser realizada con espuma ó agua en forma de spray ó ambas. El grado de cumplimiento está fuertemente relacionada con las densidades de descarga fijas provistas por el diseño del sistema.

1.6. Solo las espumas de tipo alcohol se pueden ser usadas en fuegos por solventes que son solubles en agua y solventes polares.

CAPÍTULO 2. COMPONENTES DEL SISTEMA

2.1. Los mecanismos de descarga para agua-espuma tipo diluvio y spray se puede permitir que sean de succión de aire tales como los rociadores de agua-espuma y las boquillas de agua ó se puede permitir que no sean de succión de aire tales como los rociadores standard.

2.2. Los mecanismos de descarga para instalaciones de tubería mojada de diluvio agua-espuma, instalaciones de tubería seca e instalaciones de preacción puede ser de operación automática y de no succionamiento de aire.

2-3 CONCENTRADOS DE ESPUMA

2.3.1 Las cantidades de concentrados de espuma que son usados pueden estar basados en rangos de flujo y tiempos de duración para los períodos de tiempo de duración que son especificados en el capítulo 4.

2.4 MEDIOS DE PROPORCIÓN DE CONCENTRADO DE ESPUMA

2.4.1. La inyección de presión balanceada o presión positiva deben ser por métodos preferidos para la inducción de los concentrados de espuma al agua que fluye a través de la tubería de suministro al sistema.

2.4.2. Los Métodos de inyección de Presión pueden ser los siguientes:

- a) Un sistema de presión Balanceada utilizando un a bomba de descarga de concentrado de espuma por medio de un orificio en el controlador de proporcionamiento con presiones del concentrado de espuma y agua mantenida igual como si se usara una válvula de presión balanceada.
- b) Un sistema de presión balanceada utilizando un tanque proporcionador de presión con un diafragma o vejiga para separar el agua y el concentrado de espuma descargando por medio de un orificio medidor en el controlador de proporcionamiento.
- c) Un sistema de presión balanceada en línea utilizando una bomba de concentrado de espuma o un tanque con vejiga. Un dispositivo regulador colocado en la bomba de la línea de retorno que puede mantener la presión constante en la línea de suministro de concentrado de espuma. Esta presión constante puede ser mayor que la presión máxima de agua bajo todas las condiciones de operación.

2.5. BOMBAS DE CONCENTRADO DE ESPUMA

2.5.1 Materiales

2.5.1.1 El diseño y materiales de construcción para las bombas de concentrado de espuma pueden ser aprobadas para uso con el tipo de concentrado de espuma usado en el sistema. Una especial atención se puede poner en el tipo de sello o carcasa usados.

2.5.2 Las bombas de concentrado de espuma pueden tener una proporción de capacidad ó que sus capacidades sean mayores a la demanda máxima del sistema. Para asegurar la inyección positiva del concentrado de espuma de espuma, los rangos de presión de descarga de las bombas pueden estar en exceso de la máxima presión de agua válida bajo cualquier condición en el punto de concentrado de espuma.

2.6. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CONCENTRADO

2.6.1 Los tanques de almacenamiento para los concentrados de espuma pueden ser construidos de materiales compatibles con el líquido, ser sólidamente montado y ser permanentemente situado.

2.6.2 Tanques de Almacenamiento Atmosféricos

2.6.2.1 Los tanques de almacenamiento pueden tener capacidades para alojar las cantidades necesarias de concentrado de espuma además de tener espacio para la expansión térmica. Los dispositivos de purga para los tanques pueden estar ubicados para prevenir la sedimentación por purgar al sistema.

2.6.2.2 Los tanques pueden estar equipados con acceso paso de hombre que están localizados para proporcionar una inspección del interior del tanque, conexiones de la bomba de succión, desfogue y líneas de prueba, medidas de aforo u otros dispositivos de nivel de líquidos y conexiones de llenado y drenado.

2.7.1 Tuberías, Válvulas, Accesorios de Tuberías incluyendo las protecciones anticorrosión pueden ser de acuerdo a la Norma 13 de la NFPA(Norma para la Instalación de Sistemas de Sprinklers o Rociadores)

2.7.2 Tuberías, accesorios y válvulas pueden ser de material compatible con el concentrado de espuma, solución de espuma o agua usados para su aplicación.

2.8. Localización

Los detalles de los equipos tales como tanques de almacenamiento y proporcionadores para concentrados de espuma; bombas de agua y de concentrados de espuma, válvulas de control de agua y de concentrados de espuma y solución de espuma, pueden estar localizados tan cerca sea posible de la zona o zonas de riesgos que protejan pero no pueden estar expuestas directamente al fuego en la manera de que se pueda perjudicar el funcionamiento del sistema.

Capítulo 3 Calidad del Agua

3.1 El agua que es suministrada a los sistemas de agua-espuma puede ser compatible con el concentrado de espuma que es usado.

3.2. El contenido de sólidos en el agua puede que obstruya los orificios en los dispositivos de descarga pero por otro lado aceptable para la producción de espuma que puede estar permitida para ser usada después de pasar por los filtros. Los filtros pueden ser instalados y son accesibles para su limpieza o empotramiento.

3.3 Los suministros de agua para diluvio de los sistemas de rociadores de agua-espuma y sistemas de spray de agua-espuma pueden ser automáticos. Estos pueden ser de una capacidad y presión capaces de mantener la descarga de espuma, espuma ó ambas, según la proporción de diseño para el período de tiempo requerido de descarga sobre un área entera protegida por sistemas esperados para operar simultáneamente.

3.4 El suministro de agua puede ser diseñado para suministrarlo al sistema según la descarga de diseño y la presión de diseño de al menos por 60 minutos.

Capítulo 4. Diseño del Sistema E Instalación

4.1 Los planos y especificaciones pueden indicar la cantidad de concentrado de espuma para ser abastecida, incluyendo la cantidad en reserva, la designación de la concentración, y la temperatura mínima esperada en el punto de proporcionamiento.

4.2 Criterio de Diseño

4.2.1 Normas de Referencia

NFPA-15- Norma para los sistemas fijos de agua Spray para contra incendio

4.2.2 Criterios de Descarga

La densidad de descarga para el diseño puede ser acorde con la norma que corresponde para los sistemas de agua ó agua-espuma pero no en el caso de que la densidad sea de menos de 0.16 gpm/ ft² (6.5 l/minm²). La solubilidad del agua y ciertos líquidos inflamables y combustibles y solventes polares que son destructivos para espumas convencionales necesitan el uso de las espumas a base alcohol que son resistentes. En todos los casos el fabricante de los concentrados de espuma y el equipo productor de espuma puede ser consultado con respecto a las limitaciones y para las recomendaciones basado en pruebas específicas.

4.3.3 Período de Descarga

4.3.3.1 La solución de espuma puede ser diseñado para descarga por un período de 10 minutos sobre el área total del sistema spray agua-espuma y sobre el área diseñada para el sistema agua-espuma con tubería húmeda y tubería seca.

4-3.2 Una reducción de proporcionado en el tiempo de descarga de espuma se puede permitir, pero no en caso de que la reducción sea de menos de 7 minutos.

4.3.4 Sistema de Proporcionamiento.

El sistema de proporcionamiento seleccionado puede ser capaz de reunir las siguientes condiciones:

- a) La actual descarga calculada del sistema demanda un adecuado porcentaje de espuma para la mayor condición de demanda hidráulica.
- b) La actual descarga calculada del sistema demanda un adecuado porcentaje de espuma para la mínima condición de demanda hidráulica.
- c) Las presiones de las espumas líquidas al menos que sean iguales a las presiones de agua esperadas.

4.3.5 Sistema de Preacción de Agua-Espuma

4.3.5.1 El área total de diseño puede ser de 500 ft² (465 m²)

Excepto: Cuando las normas utilizadas especifican áreas de diseño diferentes a las especificadas en el punto 4.3.5.1.

4.3.5.2 El espacio de los sprinklers no puede exceder los 100 ft² (9.3m²) por sprinkler ó exceder los 12 ft (3.7m) de espacio entre sprinkler en un ramal ó entre ramales.

4.3.5.3 El rango de temperatura de los sprinklers pueden ser dentro del rango de 250°F a 300°F (121° a 149°C) en cualquier lugar del techo.

Donde los sprinklers estén localizados en un nivel intermedio, el rango de temperatura puede ser dentro del rango de 135°F a 170° (57°C a 77°C) a menos que las condiciones ambientales requieren un rango más alto.

4.3.6 Sistemas de Agua-Espuma tipo Diluvio.

4.3.6.1 En sistemas automáticos, el equipo de detección puede ser conectado a las válvulas para descargar el agua en forma de diluvio y a otro equipo de control del sistema.

4.3.6.2 En sistemas automáticos, la inyección del concentrado de espuma puede ser activada automáticamente por, la activación de la válvula principal de suministro de agua.

4.4 Cálculos Hidráulicos

4-4.1 Sistema de Inundación Agua-Espuma

4-4.1.1 El sistema de tubería puede ser diseñado hidráulicamente en orden de obtener una distribución uniforme de agua y permitir la pérdida de cabezal en la tubería de suministro de agua. El ajuste en el grosor de la tubería puede estar basado en una variación de 20% por encima del rango de descarga especificada por sprinkler o boquilla.

4.4.1.2 Los grosores de tubería puede estar ajustado acorde a los cálculos de pérdidas por fricción. Estos cálculos pueden mostrar la relación entre el suministro de agua y demanda de agua.

4.4.1.3 Los cálculos hidráulicos para determinar las características de flujo de los sistemas sujetos a ésta norma pueden ser de acuerdo con la NFPA 15, Norma para Sistemas de agua-spray para protección contra incendio.

4.4.1.4 Las pérdidas por fricción transportando concentrado de espuma por tubería puede ser calculados usando la relación de Darcy y también con la relación de Fanning. Las constantes para estas relaciones pueden seleccionarse de las gráficas mostradas en las figuras 4-4.1.4 y 4.4.1.4 (d). En el cálculo del No. de Reynolds para las constantes de fricción de las gráficas, la densidad actual del concentrado empleado en el sistema puede ser usado.

4.4.2.5 Los cálculos hidráulicos para determinar la solución de espuma y las características de flujo de los sistemas cubiertos por ésta norma puede ser de acuerdo a la Norma 13 NFPA; Norma para la instalación de sistemas de sprinklers. Las pérdidas por fricción para la tubería de solución de espuma puede ser considerada la misma como si fuera para suministro de agua.

4.4.3 Las pérdidas por fricción en tubería de transporte de concentrado de espuma puede ser calculados de acuerdo con los requerimientos del punto 4.4.1.4.

Capítulo 5 Pruebas Aprobadas

5-1 Pruebas del Sistema Proporcionador

5.1.1 La operación del equipo proporcionador puede ser verificado por pruebas de flujo.

El porcentaje de concentrado de espuma en solución puede ser determinado.

Durante las pruebas, la presión de los mecanismos de descarga puede ser al menos igual a la presión mínima de diseño del sistema.

El porcentaje de todos los concentrados de espuma inyectados al agua pueden estar dentro de los siguientes límites. La inducción del rango de concentrado de espuma de un proporcionador, expresado como un porcentaje de flujo de concentrado de espuma puede ser de menos de cero a 30% del rango de inducción del fabricante.

5.1.2 El rango de descarga de solución de espuma puede ser calculado de los cálculos hidráulicos utilizando relaciones estipuladas ó la presión de operación final del sistema ó ambas.

5.4.3 Después de operar los sistemas de espuma y agua-espuma a base diluvio y spray pueden ser limpiados con agua para remover los residuos de espuma.

Excepción: Estas porciones del sistema normalmente contienen concentrados de espuma cuando el sistema ésta en servicio.

6.1 Inspección, Prueba y Mantenimiento de los sistemas agua-espuma con rociadores.

Los sistemas pueden ser arreglados, de tal manera que las pruebas e inspecciones pueden ser hechas sin descargar solución de espuma al sistema de tubería en orden para checar la operación del sistema.

El sistema puede ser arreglado que esas pruebas llevadas a cabo con una pequeña pérdida de concentrado de espuma.

6.2 Frecuencia de Inspección, prueba y mantenimiento.

Los Sistemas de rociadores de agua-espuma pueden ser probados e inspeccionados en acorde con la Norma NFPA No. 25 (Norma para la Inspección, Prueba y Mantenimiento de los sistemas a base agua para protección contra incendio).

CAPÍTULO VIII DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA-ESPUMA

Los fundamentos de la ingeniería de protección tienen por objetivo mínimo minimizar la probabilidad de pérdidas de vidas, daños a la propiedad e interrupciones de la producción. Además de hacer una descripción de los elementos que integran el sistema de protección, tratando de establecer las características principales de los mismos.

El desarrollo de los fundamentos de ingeniería considera las instalaciones por proteger, desde los siguientes puntos de vista:

- a) Tamaño de las instalaciones
- b) Localización de las áreas de riesgo
- c) Condiciones generales del terreno

A consecuencia del análisis de los puntos anteriores, se pretende generar un conocimiento de los sistemas de protección y detalles de diseño que deberán considerarse.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

La red de distribución de agua contra incendio es un conjunto de tuberías formando anillos o circuitos, diseñados para conducir exclusivamente agua contra incendio a los puntos necesarios, en los cuales se encuentran instalados los dispositivos para salida de agua, tales como hidrantes, monitores, sistemas de aspersores, etc. Y aún cuando lo más importante es la prevención de los incendios cuando estos llegan a surgir es necesario combatirlos de inmediato y no importando el combustible que esté ardiendo, la primera línea de combate es el agua, ya sea para combatir, aislar y proteger otras instalaciones y al personal que lo combate.

De lo anterior podemos concluir que el agua es el agente extintor más extensamente usado, dado las características que presenta, como son su asequibilidad debida a lo ampliamente difundida que se encuentra en la naturaleza teniendo como consecuencia su bajo costo. Además el agua tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de calor cada litro de agua a temperatura ambiente (20°C) requiere 8000 calorías para llegar a la temperatura de ebullición (100°C) y 536,000 calorías más para caminar del estado líquido a vapor a misma temperatura. Por todas estas propiedades, el agua resulta un magnífico agente extintor.

La protección a base de agua-espuma es aplicable a riesgos y equipo específicos, y es permitido instalarse independientemente de, o de manera suplementaria a otras formas de sistemas o equipos de protección de incendios.

La protección a base de agua-espuma es aceptable para la protección de riesgos que involucran:

- a) Materiales líquidos o gaseosos
- b) Combustibles ordinarios tal como papel, madera y textiles; y
- c) Ciertos sólidos peligrosos tales como propelentes y pirotécnicos.

En general, el agua-espuma será considerada efectiva para cualquiera de los siguientes objetivos, o combinación de ellos:

- a) Extinción del fuego
- b) Control de la Combustión
- c) Protección a la exposición, y
- d) Prevención del fuego

Los sistemas de protección contra incendio normalmente están compuestos por los siguientes elementos:

- Fuente de Abastecimiento de Agua contra Incendio.- Este aspecto lo determina la localización de la unidad y por lo tanto, el lugar geográfico la definirá.

Lo principal del abastecimiento de agua radica en que garantice suministrar una cantidad de agua apropiada a los riesgos a combatir. La amplia variedad e intensidad de los posibles incendios en la industria de los hidrocarburos obligan a que necesita calcular en forma precisa, los requerimientos de agua, lo cual convierte en una ciencia exacta.

- Un Sistema de Bombeo.- El cual proporcionará el agua en la cantidad y presión adecuada de acuerdo con las necesidades y riesgos a proteger en cada caso. Además de que las bombas contra incendio deben instalarse en lugares estratégicos que no sean susceptibles sufrir daños durante incendios o emergencias y que debe cumplir con las siguientes características:

- i. Estas casetas deben ser construidas con material no combustible, lo suficiente amplias para facilitar la operación y el mantenimiento de los equipos; deben tener buena iluminación tanto natural como artificial, así como ventilación y drenaje adecuados que permitan mantener su interior seco y libre de humedad.

- ii. El suministro de energía eléctrica a las bombas de agua contra incendio, deberá tomarse de un circuito eléctrico independiente de los demás servicios del centro de trabajo
- iii. Las distancias mínimas que deben existir entre la caseta o cobertizo de bombas de agua contra incendio y las instalaciones industriales, se señalan a continuación.

<u>TIPO DE INSTALACIÓN</u>	<u>DISTANCIA</u>	
	<u>METROS</u>	<u>PIES</u>
Tanque de cúpula fija que contengan crudo o productos	76	250
Tanques de cúpula flotante conteniendo crudo o productos inflamables	76	250
Tanques de cúpula fija que contengan producto combustible	53	175
Tanques de almacenamiento presurizados	105	350
Plantas de proceso de riesgo moderado	60	200
Plantas de proceso de riesgo intermedio	76	250
Plantas de proceso de riesgo alto	90	300
Quemadores de campo	90	300
Llenaderas y descargaderas de autotanques, que cumplan con los requerimientos descritos en la nota 1	30	100
Llenaderas y descargaderas de carrotanques	60	200
Casas de bombas de productos, que cumplan con lo descrito en nota 3	60	200
Áreas de compresores	60	200
Racks de tuberías de productos inflamables	30	100
Cuartos de control	15	50
Subestaciones	15	50
Áreas de oficinas administrativas	15	50

Nota 1.- Requerimientos adicionales: sistema de llenado de autotanques por el fondo; drenajes suficientes para captar la totalidad del derrame de mayor magnitud; válvulas de cierre rápido instaladas en las tuberías de llenado; paro a control remoto de las bombas de productos, sistema de aspersores-espuma en las isletas de llenado; monitores para aislar con cortinas de agua el cobertizo contra incendio.

- Red de distribución de agua contra incendio.- Es el conjunto de líneas de tubería, que sirven exclusivamente para conducir el agua contra incendio a los puntos necesarios, de tal modo que pueden aislarse por medio de válvulas, contando además con sus respectivas salidas para monitores, hidrantes y sistemas fijos de aspersores.

La red de distribución de agua contra incendio se compone de los siguientes elementos:

- Monitores.- Se da el nombre de monitor a un dispositivo con una boquilla, de preferencia regulable, para dirigir un chorro de agua compacto o en forma de neblina: con mecanismos que le permitan girar 120° en el plano vertical y 360° en el plano horizontal la posición de la boquilla y a la vez mantenerla estable en la dirección deseada.
- Hidrantes.- Son las tomas para acoplar las mangueras de agua contra incendio, estas tomas están colocadas en la parte superior de un tubo vertical a su vez conectado a la línea o red de tuberías.
- Aspersores.- Son las boquillas rociadoras integradas a la red de agua contra incendio. El rocío producido por estas boquillas tienen una mayor superficie de contacto por unidad de volumen que si se aplicara chorro directo, aumentando la absorción de calor; siendo así más eficiente el enfriamiento.

En general los aspersores son equipos que distribuyen el agua sobre un incendio, de forma automática, y en cantidad suficiente para:

- 1.- Extinguir completamente el incendio
- 2.- Prevenir su propagación, si el área inicial de incendio está fuera del área de cobertura de los aspersores, o
- 3.- Contener el incendio, si es de un tipo que no puede quedar completamente extinguido mediante la descarga de agua de los aspersores.

El agua se dirige hacia los aspersores a través de sistemas de tubería suspendidos, normalmente, del techo con los rociadores situados a intervalos a lo largo de las tuberías.

El orificio del aspersor de eslabón fusible se encuentra normalmente cerrado mediante un disco o diafragma sostenido por un elemento sensible a la temperatura.

La extinción de los incendios mediante sistemas de aspersores puede realizarse por uno o combinación de los siguientes fenómenos: enfriamiento de las superficies, sofocamiento por el vapor producido, por emulsificación y por dilución.

Los sistemas se diseñarán para que, durante un período razonable, se logre la extinción y todas las superficies se enfríen lo suficiente para prevenir la reignición que pudiera ocurrir después de que el sistema suspenda el flujo de agua.

Cuando se pretenda extinguir un incendio por el método de enfriamiento de la superficie, el proyecto proporcionará una cobertura con agua sobre el total de la superficie. El enfriamiento de superficies no es, sin embargo, un método efectivo para productos gaseosos y líquidos inflamables, ya que tienen puntos de ignición por debajo de la temperatura a la que se aplica el agua. El agua, en general, no es recomendable para líquidos con puntos de inflamación inferiores a 100°F (37.8°C).

El método de sofocamiento por el vapor producido, generalmente la intensidad del incendio es suficiente para generar el vapor. Los incendios de combustibles ordinarios se extinguen normalmente por el efecto de enfriamiento del agua y no por el método de sofocación que produce la formación de vapor. Aunque el vapor puede extinguir llamas, normalmente no puede extinguir esos incendios. Si se genera suficiente vapor, el aire puede desplazarse o excluirse. Algunos incendios pueden extinguirse por este mecanismo, que resulta más rápido cuando el vapor generado puede confinarse en la zona de combustión. Este proceso de absorción de calor por parte del vapor, concluye cuando éste comienza a condensar, un cambio que requiere el desprendimiento de calor por el vapor. Cuando esto sucede se forman nubes de vapor de agua visibles. Esta condensación sobre el fuego no tiene efectos enfriantes. Sin embargo, el vapor puede continuar eliminando calor si se disipa en nubes sobre el fuego. El agua puede utilizarse para la sofocación de un líquido inflamable cuando éste tiene un punto de inflamación superior a los 100°F, y es insoluble en agua. Para llevar a cabo la sofocación, de una manera más efectiva, suelen añadirse agentes espumantes.

El efecto de emulsificación se obtendrá en el caso de líquidos inmiscibles, incapaces de mezclarse, se agitan de manera que uno de los líquidos se dispersa a través del otro.

Puede realizarse una extinción por emulsificación mediante la aplicación de agua a ciertos líquidos viscosos inflamables, enfriando las superficies de estos líquidos y disminuyendo el desprendimiento de vapores inflamables.

Con algunos líquidos viscosos la emulsificación forma una “espuma” que retarda la generación de vapores inflamables. Esta operación debe realizarse cuidadosamente cuando se trata de líquidos de apreciable profundidad, ya que la espumación puede producir el rebosamiento de los líquidos en combustión sobre las paredes del recipiente. Para la emulsificación se utiliza normalmente agua pulverizada, evitando el empleo de chorros de agua que pueden dar lugar a una espumación violenta.

Los incendios de materiales inflamables, solubles en agua, pueden extinguirse en algunos casos, mediante el mecanismo de dilución. El porcentaje de dilución necesario varía ampliamente, así como el volumen de agua requerido y el tiempo necesario para la extinción. Sin embargo, la dilución no es una práctica común cuando se trata de tanques de almacenamiento.

Criterios de Diseño

Criterios de diseño (NFPA 13)

Las boquillas para producir agua-espuma deberán estar listadas para usarse en sistemas de aspersores con las siguientes características de descarga.

- a) Factor K
- b) Patrones de aspersión a varias presiones, distancias, y ángulos de orientación
- c) Uniformidad de distribución de agua-espuma en un determinado patrón

OBJETIVOS DEL DISEÑO

El sistema es diseñado de tal forma que así como extinga, evite la reignición por medio del enfriamiento suficiente de todas las superficies después de dejar de operar el sistema.

La extinción del fuego a través del agua-espuma es realizado por cualquiera de los siguientes métodos o combinación de ellos:

- a) Enfriamiento de superficies
- b) Desplazamiento del aire
- c) No permitiendo el escape de vapores

DENSIDAD DE DISEÑO

Un rango general de tasas de aplicación de agua-espuma a la mayoría de los combustibles ordinarios sólidos o líquidos son desde 0.15 gpm/ft² hasta 0.50 gpm/ft² de superficie protegida. La densidad específica de diseño para la extinción se basa en datos de prueba o en el conocimiento de condiciones similares a una instalación real.

Para la selección del tipo y tamaño de las boquillas, además de las características propias de estos elementos se tomarán en cuenta factores tales como: las características físicas del riesgo, condiciones climatológicas de la región donde, se vayan a instalar el sistema, como vientos, velocidad del viento, corrientes de aire, corrosión, clase de agua, con o sin sedimentos.

Las boquillas se colocarán en forma que cubran totalmente el área que se pretende proteger. La distribución y posición de las boquillas con respecto a la superficie a proteger, deberán tomar en cuenta el diseño particular de la boquilla y las características de la niebla que producen; además deberán considerarse los efectos del viento.

TUBERÍAS.

- En todo caso, los materiales que se utilicen en la red de tuberías destinadas a conducir y distribuir agua contra incendio y solución espumante, deberán satisfacer como mínimo los siguientes requisitos:

DIAMETRO NOMINAL		CEDULA	ESPESOR DE PARED		MATERIAL
Pulg.	mm.		Pulg	mm	
1/2	12.70	80	0.147	3.73	ACERO AL CARBÓN ASTM-A-53, SIN COSTURA EXTREMOS ROSCADOS
3/4	19.05	80	0.154	3.91	
1	25.40	80	0.179	4.55	
1 1/2	38.10	80	0.200	5.08	IDEM (C/EXTREMOS PLANOS).
2	50.40	40	0.154	3.91	ACERO AL CARBÓN ASTM A-53, S/COSTURA. EXTREMOS BISELADOS
2 1/2	63.50	80	0.276	7.01	
3	76.20	40	0.216	5.49	
4	101.60	40	0.237	6.02	
6	152.40	40	0.280	7.11	
8	203.20	20	0.250	6.35	
10	254.00	20	0.250	6.35	
12	304.80	20	0.250	6.35	
14	355.60	10	0.250	6.35	
16	406.40	10	0.250	6.35	
18	457.20	20	0.312	7.92	
20	508.00	20	0.375	9.53	ACERO AL CARBÓN ASTM A-53, C/COSTURA EXTREMOS BISELADOS
24	609.60	20	0.375	9.53	

- Las tuberías, conexiones y accesorios de los sistemas de rociadores diseñar para soportar estructuralmente esfuerzos mecánicos y dinámicos debidos al peso propio de la tubería, cargas de viento, agua, nieve, carga sísmica, vibración y en general aquéllas que en cada caso en particular amerite considerarse.
- En ningún caso, el diámetro de la tubería principal en redes de agua contraincendio podrá ser menor de 152.40 (6 pulg).

- La tubería de la red de agua contraincendio debe instalarse enterrada, salvo en casos específicos en los que previo estudio de un análisis de riesgos, de las características de resistividad del terreno, en donde el clima lo permita y a solicitud expresa de la dependencia operativa, ésta podrá instalarse aérea sobre mochetas asegurándose que en los casos, quede perfectamente protegida contra cualquier agente que pudiera afectarla o inhabilitarla.
- Tanto las tuberías enterradas, como las superficiales o elevadas y los accesorios de un sistema de rociadores deberán protegerse contra la corrosión causada por el medio ambiente o atmósferas agresivas y por el agua o sus aditivos, etc., empleando para ello pintura anticorrosiva que cumpla con las Normas 2.411.01 “Sistemas de Protección Anticorrosivo”.
- Para tuberías enterradas, debe preverse además la protección contra efectos de cargas externas que puedan dañar las tuberías, la cual puede llevarse a cabo mediante trincheras, camisas o instalándolas a una mayor profundidad.

Cuando la tubería cruce por debajo de tránsito pesado, debe instalarse a una profundidad mínima de 1,300mm (51.18pulg.) medidos desde el nivel de piso terminado hasta la parte superior del ducto, debiéndose proteger además con una “camisa” de tubería que permita una holgura de cuando menos 100 mm (4pulg) entre la tubería y la camisa. La tubería de agua contraincendio no debe cruzar por debajo de contención de tanques de almacenamiento.

- La tubería también deberá resistir la exposición a fuego por tiempo limitado sin agua y al cambio brusco de temperatura y generación de vapor por el paso de este elemento.
- Todo el sistema de tuberías deberá estar soportado adecuadamente. Todos los soportes localizados en el área de incendio deberán protegerse contra el fuego. En caso que en un área exista la posibilidad de riesgos de explosión, se deberán tomar las precauciones para que apoyos y soportes de la tubería sufran los mínimos daños posibles.

ACCESORIOS

- Para fines de mantenimiento o ampliación, las redes de agua contraincendio deben contar con válvulas de seccionamiento suficientes, localizadas estratégicamente para aislar tramos de tubería sin dejar de proteger ninguna de las áreas o equipos que lo requieran. Todas éstas válvulas deben ser de compuerta vástago ascendente o del tipo “mariposa” de las características adecuadas, debiendo estar identificadas en campo.
- Cuando las válvulas de seccionamiento se instalen en el interior de registros, éstos deben ser fácilmente accesibles para su inspección debe evitar el paso de agua a su interior y tener drenaje para no permitir la acumulación de agua.
- Queda **TERMINANTEMENTE PROHIBIDO** el uso de agua contraincendio, para otro servicio que no sea específicamente el de contraincendio. De igual manera, **NO ESTA PERMITIDA** la instalación de tomas parásitas conectadas a la red de agua contraincendio, con el propósito de alimentar sistemas de enfriamiento de instalaciones de proceso, sistemas de riego, de lavado, de limpieza, etc.

ABASTECIMIENTO DE AGUA.

- Para el servicio contra agua contra incendio, debe preferirse el agua limpia y dulce. Si esto no es posible, es aceptable el uso de cualquier tipo de agua, siempre y cuando se encuentre libre de hidrocarburos.
- El agua que se emplee para abastecer sistemas de rociadores de preferencia deberá estar libre de sedimentos y materiales extraños.
- La fuente de abastecimiento podrá ser primaria, (como el mar, lagos y ríos), secundaria (como pozos y servicios municipales) o terciaria (como sistemas de tratamientos de agua y/o de recuperación de efluentes).
- La fuente de agua que se emplee para abastecer los sistemas de rociadores deberá garantizar que se tendrá ésta en la cantidad, presión y tiempo suficiente para que operen simultáneamente todos los sistemas necesarios para combatir el incendio del riesgo mayor.

- Se podrá usar como fuente de abastecimiento de agua para un sistema de rociadores aquélla que garantice la continuidad de servicio como:
- a. Una red de agua contra incendio en operación
 - b. Tanque elevado o vertical que presione al sistema por gravedad, siempre y cuando proporcione la presión necesaria para operar el sistema.
 - c. Una bomba de agua contra incendio, succionando de depósitos de almacenamiento de agua.
 - d. La succión de las bombas contra incendio no debe conectarse directamente al abastecimiento proveniente de pozos, de servicios municipales o de ríos cuyo caudal en ciertas épocas del año sea irregular.
En éstos casos, debe existir obligatoriamente uno o varios tanques atmosféricos, destinados específicamente para el almacenamiento de agua contra incendio, de los cuales succión las bombas para éste servicio.
 - e. El almacenamiento de agua contra incendio debe determinarse en función del requerimiento total de agua que demanda la protección de la instalación que represente el riesgo mayor de un centro de trabajo y del tiempo de aplicación de agua. Esta capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para combatir interrumpidamente el incendio del riesgo mayor, durante un mínimo de 4 (cuatro) horas.
 - f. Cuando los depósitos de agua municipales u otros abastecimientos semejantes sean susceptibles de ser aprovechados, es necesario considerar la instalación de interconexiones para su utilización, pero dichos volúmenes no deberán ser contabilizados como parte del almacenamiento de agua destinado para fines contra incendio.

PROYECTO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA

Los sistemas para control de incendio funcionarán a plena capacidad durante el tiempo necesario para que los materiales combustibles se consuman, o durante el tiempo que se requiera para cortar el flujo o fugas de éstos materiales, o bien para efectuar las reparaciones que se necesiten en el sistema que maneje los materiales inflamables, etc. La operación del sistema puede ser necesaria durante dos horas.

PROTECCIÓN A LA EXPOSICIÓN

El sistema de rociadores será capaz de funcionar efectivamente durante el tiempo que se estime durará la exposición al fuego, de acuerdo con la naturaleza y cantidades de combustible y los probables efectos del combate contraincendio. La operación del sistema puede ser necesaria durante dos horas. Los sistemas de rociadores para protección a la exposición, se deberán proyectar para que operen totalmente antes de que los recubrimientos, como la pintura, se carbonicen y depositen sobre las superficies que se vayan a proteger.

PREVENCIÓN DE INCENDIOS

El sistema será capaz de funcionar efectivamente durante un tiempo suficiente para diluir, dispersar o enfriar las áreas de riesgo de los materiales inflamables.

LLENADERAS DE AUTOTANQUES

Deben colocarse boquillas abiertas para aplicar agua directamente sobre la zona en donde esté ocurriendo la fuga de líquido inflamable y extinguir el fuego en la llenadera.

El sistema de agua debe instalarse para que automáticamente moje la zona de la caja de válvulas de los autotanques.



Vista de los racks de aspersores en el área de llenaderas



Fotografía de los aspersores de la zona de llevaderas en funcionamiento

DISEÑO HIDRÁULICO

Los sistemas de rociadores de agua-espuma se pueden diseñar bajo diversos criterios: para extinguir, combatir o proteger el área donde se encuentran instalados. Una vez que se ha determinado el número de boquillas, su distribución y se ha definido el área de riesgo el siguiente paso es buscar el arreglo óptimo de los rociadores según lo recomendado por la National Fire Protection Association (NFPA), se debe preparar un esquema del arreglo para utilizarlo como referencia en los cálculos del sistema. En este esquema se deberá mostrarse los aspersores numerados y puntos de unión de los ramales.

1.- Cálculo de Pérdidas por fricción con base a la fórmula de Hazen and Williams:

$$p = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde: p es la pérdida de presión por fricción en psi por cada pie de tubo

Q es el gasto en gpm

C es el factor de fricción

d es el diámetro interno del tubo en pulgadas

2.- Cálculo de la presión velocidad en cada punto de salida de agua, con base a la ecuación:

$$P_v = \frac{0.001123Q^2}{D^5}$$

Donde: P_v es la presión velocidad en psi

Q es el gasto en gpm

D es el diámetro interno del tubo en pulgadas

3.- Cálculo de la presión normal con base a la siguiente fórmula:

$$P_n = P_t - P_v$$

4.- Cálculo del flujo de descarga de las boquillas con base a la siguiente fórmula:

$$Q = K\sqrt{P}$$

Donde: Q es el gasto de la boquilla en gpm

K es la constante de la boquilla (factor K)

P es la presión total en psi al flujo Q

5.- El procedimiento del cálculo de la presión velocidad es de prueba y error, de la siguiente manera:

5.1.- Se supone un gasto corriente arriba de la boquilla (Qs)

5.2.- Se calcula Pv.

5.3.- Se calcula la presión normal (Pn)

5.4.- Se calcula el gasto en la boquilla q, usando Pn.

5.5.- Se vuelve a calcular el gasto corriente arriba $Q = q + q$ anterior

5.6.- Con el nuevo gasto Q, se vuelve a calcular Pv.

5.7.- Se compara Pv obtenida en 5.6 con la resultante en 5.2

5.8.- Si las Pv son iguales, se toma el Qs como el gasto actual y se procede a continuar con el cálculo.

5.9.- Si las Pv no son iguales, se regresa a 5.1

6.- Selección de las boquillas

SIMULACIÓN HIDRÁULICA DE LA RED CONTRA INCENDIOS

Esta simulación se lleva a cabo con un programa de análisis hidráulico para simulación de sistemas de protección contra incendios. Como resultado de esta simulación hidráulica se obtuvieron los factores C y espesores de los diferentes puntos del área de llenaderas. Al mismo tiempo se encontraron las capacidades reales (en flujo y presión) de agua contra incendios en la red en cualquier punto de su extensión. Esta disponibilidad de agua se confrontará con las necesidades mínimas de flujo y presión de acuerdo a los diferentes escenarios de riesgo presentes en la instalación.

El presente subcapítulo explica la simulación hidráulica de la red de rociadores. Aquí están explicados:

- Las bases teóricas y técnicas desarrolladas para la realización del análisis hidráulico de la red de agua contra incendios existente (ver sección 4.3).
- La descripción del software utilizado para dicho análisis (ver sección 4.4).
- La simulación del factor C con grandes caudales (ver sección 4.5).
- La simulación de los caudales mayores (ver sección 4.6), así como los resultados y conclusiones obtenidos.

SOFTWARE PARA LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS

4.4.1. FPE Software

El programa “THE” SPRINKLER PROGRAM 2001, desarrollado por FPE Software, Inc. utilizado para las simulaciones hidráulicas de sistemas contra incendios, y utilizado para los cálculos hidráulicos en esta tesis, se vale del método de aproximación de Newton-Raphson y aplica bien a las presiones en los nodos como incógnitas o a los caudales en los tramos que componen cada uno de los anillos. Cuando se utilizan las presiones en los nodos como incógnitas, el algoritmo de cálculo es algo más sencillo pues no se precisa de la búsqueda de los anillos.

La única desventaja que presenta es que la cantidad de ecuaciones lineales requeridas siempre es mayor en comparación con otros métodos de resolución ya que la cantidad de nodos en un sistema siempre es mayor que el número de anillos.

Datos necesarios para uso del “THE” Sprinkler Program.

El software utilizado para realizar la simulación de la red de agua contra incendio y simular los gastos calculados para los riesgos mayores determinados posteriormente requiere de información básica que permita realizar los cálculos de manera satisfactoria.

Aunque la utilización principal de este tipo de programas de cálculo es en el diseño de rociadores automáticos (*sprinklers*), resultan totalmente adecuados para analizar redes contra incendios. En efecto, las redes contra incendios son menos complejas que las mallas de rociadores automáticos.

La pantalla de alimentación de datos, necesaria para introducir la información básica al software de simulación utilizado, se muestra a continuación:

THE Sprinkler Program 2001 CORRIDA CON 6300.the

File Edit Calculate Print Generators Setup Units Calculator Help

Pipe Row	Begin Node	End Node	Length (feet)	Diameter (inches)	Type	Fittings	C Value	St	Sh	FD
1	TAN	BE01	0.000				0	PMP		
2	TAN	BE02	0.000				0	PMP		
3	BE01	BOM1	10.000	12	20	T CV CV	90	CV>		
4	BE02	BOM1	10.000	12	20	T GV CV	90	CV>		
5	BOM1	001	130.000	30	10	T CV	90	CV>		
6	001	002	463.000	30	10	T GV E	90			
7	001	004	142.000	30	10	T GV	90			
8	002	003	19.000	30	10		90			
9	002	02A	1.738.000	16	20	T GV E	90			
10	02A	040	1.209.000	18	20		90			
11	003	013	772.000	30	10		90			
12	004	005	535.000	30	10		90			

Node Row	Node	Elevation (feet)	K-factor (gpm/(psi) ^{1/2} /k)	Area (sqft)	Hose (gpm)
1	BOM1	459.000	0.00	0.00	0.00
2	001	455.000	0.00	0.00	0.00
3	002	446.000	0.00	0.00	0.00
4	02A	418.000	0.00	0.00	0.00
5	02B	418.000	0.00	0.00	0.00
6	003	445.000	0.00	0.00	0.00
7	004	458.000	0.00	0.00	0.00
8	005	451.000	0.00	0.00	0.00
9	006	447.000	0.00	0.00	0.00
10	007	429.000	0.00	0.00	0.00
11	008	426.000	0.00	0.00	0.00

Pump #	Suction Node	Discharge Node
1	TAN	BE01
2	TAN	BE02
3		
4		
5		

FDPLD #	In Node	Out Node
1		
2		
3		
4		
5		

Source Row	Node	Static (psi)	Residual (psi)	Flow (gpm)	HSA (gpm)
1	TAN	16.00	14.00	10000.00	0.00

Inicio cap 4 (modelaje y Cal... THE 2001 Dibujo - Paint 11:12 a.m.

Tramos y nodos.

Es necesario “convertir” la red de agua contra incendios en un sistema de tramos (tuberías) y nodos (puntos donde confluyen o se bifurcan tuberías o donde se tienen salidas o entradas de agua) que pueda interpretar el programa, a fin de introducir toda la información de la red que se pretende simular. Estos tramos se denominan desde su nodo de inicio hasta su nodo final por la notación que se desee. Para cada tramo, como se trata en realidad de una tubería, es necesario proporcionar información adicional.

4.4.6 Longitud, diámetro, cédula, accesorios y valor de “C”.

Para cada tramo se requiere introducir su longitud en pies, el diámetro de la tubería que representa en pulgadas, el valor de la cédula (tipo, como se denomina en el software) y los accesorios que se encuentran en dicho tramo, como pueden ser: válvulas de compuerta, de retención (check), codos, tes, etc., con la finalidad de que se consideren en el cálculo sus longitudes equivalentes y por lo tanto las caídas de presión que éstos provocan. El valor del coeficiente de rugosidad “C” de Hazen-Williams, que depende de las características del material de que esta construido el tubo, que incluye el diámetro interno. El valor de “C” es un factor importante que debe ser introducido de acuerdo a la edad estimada de la tubería, ya que con este se determinarán las pérdidas por fricción por cada pie de tubo que componen el tramo.

$$\Delta P = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Adicionalmente, se requiere establecer el estatus del tramo, es decir, si es un tubo “normal”, es decir que permite el flujo en cualquier dirección; si es un tramo cerrado; si tiene una válvula check y cual es la dirección a la cual permite el flujo; si tiene una bomba; o si tiene un dispositivo de flujo dependiente de la pérdida de presión en el mismo.

4.4.7 Datos necesarios para los nodos.

Por su parte, los nodos requieren ser definidos en cuanto a su altura con relación a un punto de referencia, ya que esto determinará la pérdida o ganancia de presión en cada tramo y por ende en toda la red.

El sistema de bombeo y área de almacenamiento de agua contra incendios, se encuentran al mismo nivel del área de llenaderas de la terminal. Los datos de elevación de los nodos, se obtuvieron de un plano proporcionado por PEMEX (plano del sistema de aspersores agua-espuma 696-01-/SI-002B).

Éste es un software usado para el cálculo de sistemas de rociadores, se requiere adicionalmente introducir el valor del factor “K” o coeficiente de descarga que representa una constante para cada orificio, con el cual es posible determinar el flujo conociendo la presión, de acuerdo a la siguiente ecuación de flujo simplificada:

$$Q = k\sqrt{P}$$

El valor del área a proteger, en pies cuadrados son datos necesarios para la simulación ya que se trata de un sistema de rociadores.

Suministro.

El nodo de suministro se utiliza para describir el o los puntos finales de los cálculos hidráulicos, representa el suministro de agua del sistema referencia para determinar las pérdidas o ganancias de presión en el sistema debido a las alturas a las cuales se encuentran los nodos que la integran.

La corrida hidráulica, con los resultados obtenidos en la simulación con el software “THE” Sprinkler Program, se anexa.

De acuerdo con la superficie a proteger, así como la densidad de aplicación necesaria se seleccionó la boquilla tipo convencional para agua-espuma de ½” de orificio, con deflector de 3/8” de diámetro, de bronce, rosca NPT con rangos de temperaturas de 68°C y con ángulo de aplicación de 90° y patrón de chorro sólido.

Las características de ésta boquilla son:

- Cono completo
- Alta velocidad factor de orificio de 5.6
- Conexión a tubería de ½ in de diámetro macho
- Aprobación por Factory Mutual y listado Underwriters Laboratorios

En el anexo No.1 se presentan las hojas de cálculo del sistema de boquillas aspersoras y el dibujo esquemático del sistema para dicho cálculo.

Listado de Materiales.-

- 20 boquillas “aspersoras espuma-agua tipo SD-2-1/2PA tipo pendant marca Automàtic Sprinkler.
- Tubería acero al carbón cédula 40

Diámetro (in)	Longitud (m)
2	56
4	70
12	449

- Codos de 90°

Cantidad	Diámetro (in)
8	2
4	4
8	12

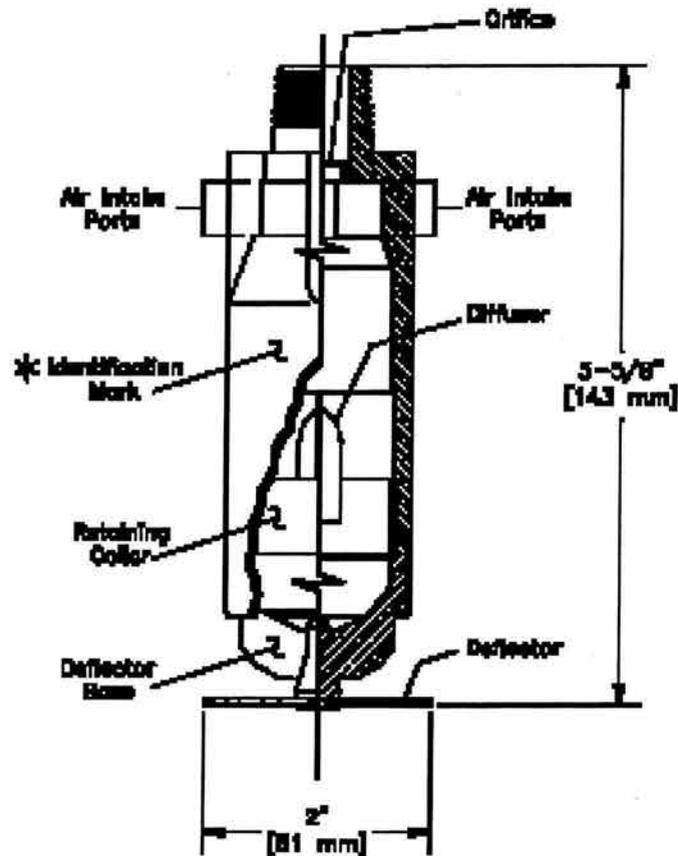
- Tees Estándar

Cantidad	Diámetro (in)
12	2

- Reducciones

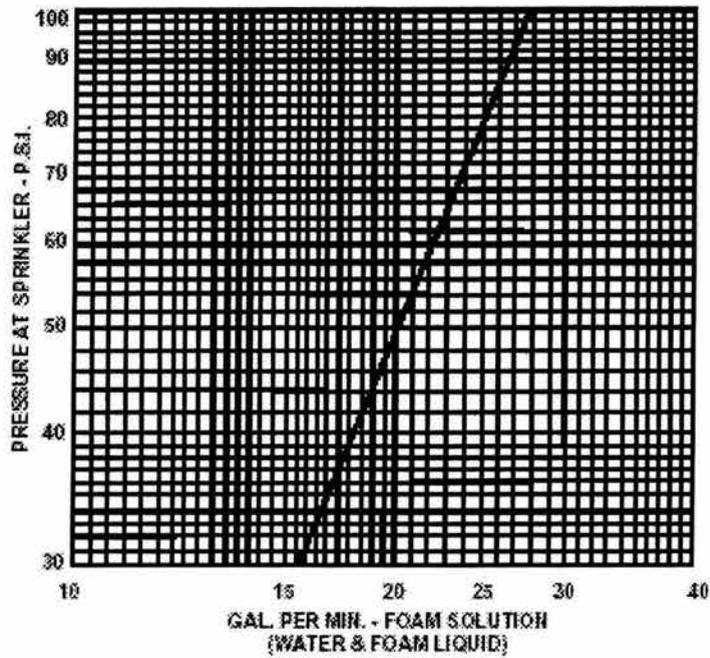
Cantidad	Diámetro (in)
4	4 a 2
1	12 a 4

- Válvula de 4" de Mariposa de acero al carbón A-216, brida del cuello robusta con 2 barrenos para facilitar su montaje. Disco y Vástago de aluminio-bronce, con disco diseñado para obtener mínima caída de presión a flujo máximo, con unión disco-vástago con dos tornillos de sujeción de acero inoxidable 316 y empaque y finalmente con asiento de elastómetro flexible, que permita absorber las deformaciones causadas por un material extraño y que al retirarlo, recupere su forma original.



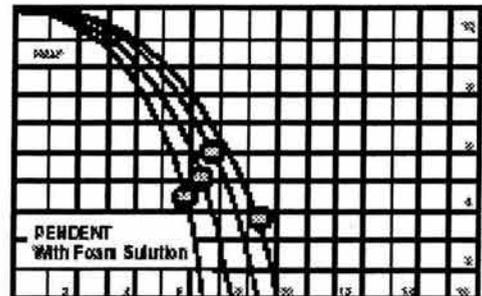
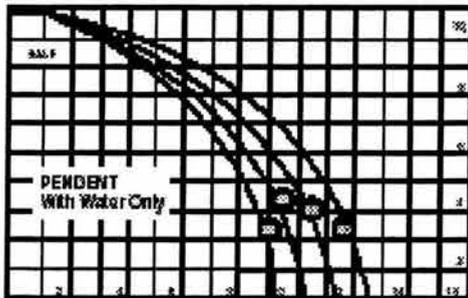
Pendent

Foam-Water
Sprinkler



SPRAY PATTERNS

Foam Water Sprinklers in operating positions at 30, 45, 65 and 80 psi.



ESPECIFICACIONES

Thread Size: 1/2" - 14 Male NPT, ASTM B-124 Alloy 2 (59% Copper, 39% Zinc, 2% Lead).

CONCLUSIONES

La protección contra incendio en las llenaderas empieza con la elaboración del diseño del proyecto, en el cual deben indicarse las medidas tendientes para eliminar o reducir al mínimo los riesgos de incendio. Los objetivos de la ingeniería de Protección son los de reducir al máximo la probabilidad de pérdida de vidas, daños a las instalaciones e interrupciones a la operación causados por un incendio, éstos objetivos se alcanzan básicamente con su prevención, control y extinción.

El término “prevención” debe aplicarse en la fase de diseño del proceso para minimizar los riesgos de fuga, incendio y explosión de materiales inflamables, mientras que el término “control” se refiere a la parte que busca dar protección contra incendio entra en acción y domina la contingencia.

En la industria petroquímica, como es el caso para una Terminal de Almacenamiento y Distribución; debido a las características de los productos almacenados, se requiere una atención especial y amplios conocimientos sobre los riesgos que están presentes en todas y cada una de sus áreas. En muchos casos el extinguir un incendio declarado puede crear peligros mayores como es la posibilidad de que éste se extienda a otra área del la terminal, daños a la estructura de los cobertizos pertenecientes al área de llenaderas ó causar daños irreparables al autotanque. Por lo que al atacar un incendio en área de llenaderas de una Terminal de Almacenamiento y Distribución, lo primero es evitar que el fuego se extienda; además de que se emplearán los equipos descritos en el capítulo anterior, a fin de no permitir que el incendio llegue a otras áreas. Así que se debe recordar, que en los incendios lo primero es aislarlos y controlarlos, posteriormente se procede a la extinción, después de tomar en cuenta todos los factores necesarios para hacerlo en forma segura y con un mínimo de daños para la planta.

Ahora bien, se puede afirmar que las terminales de almacenamiento y distribución donde se almacena y distribuye grandes cantidades de hidrocarburos, llevan como parte inherente a ésta el concepto de riesgo. Por tal razón y considerando la importancia que tiene la protección contra incendio, se pretende generar un conocimiento de los sistemas de protección contra incendio y detalles de diseño que deberán considerarse para que las actividades de carga y descarga se encuentren dentro de las normas de seguridad tanto nacionales como internacionales reconocidas hasta la fecha.

En consecuencia de ello un diseño correcto del sistema de protección contra incendio permite que se combata en forma eficaz una emergencia, brindando un elevado nivel de seguridad en el área de llenaderas.

Por lo tanto, de éste trabajo de Tesis se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El fuego o más específicamente un incendio es una situación (evento) que tiene una alta probabilidad de que se presente en instalaciones de este tipo, por ello la importancia de contar con un sistema eficaz (rápido y suficiente) para poder combatirlo, es decir, un sistema de protección contra incendio.
2. Se decidió elegir un sistema de aspersores espuma-agua, ya que una de sus características es su dualidad, al poder trabajar con agua y con solución espumógena.
3. Las instalaciones de aspersores, de cualquier tipo, deben diseñarse para la extinción, control, protección frente a la exposición y prevención de incendios.
4. Las ventajas en la protección contra incendios a base de aspersores son las siguientes:
 - Los aspersores favorecen el acercamiento al incendio, a la vez que disminuyen las interferencias del humo sobre la visibilidad durante el ataque del incendio.
 - Existe una reducción por pérdidas por exposición al calor atribuible a los aspersores.
 - Una instalación de aspersores bien calculada y adecuadamente instalada, funciona puntualmente y genera menores daños por agua que una aplicación posterior con mangueras.
 - Su actuación no se ve impedida por el humo y el calor procedente de un incendio como le ocurre al personal perteneciente a una brigada contra incendio.
 - Un concepto erróneo muy común es la idea de que todos los aspersores de un sistema descargan agua sobre el incendio a la vez. Eso no es así, sino que la mayoría de los incendios se controlan por la actuación de unos pocos aspersores.

En cuanto a legislación:

5. Actualmente en nuestro país, existe la NOM-002-STPS-2000 relativa a la protección contra incendio, sin embargo, esta es muy abierta o poco específica en cuanto a los sistemas fijos contra incendios en instalaciones en donde el grado de incendio es alto, que es el caso de una llenadera de autotankes, pues no proporciona características y componentes para un sistema fijo a base de aspersores, solo se refiere a redes de agua contra incendio.

6. Por esta razón, es necesario referirse a una estándar internacional como son los códigos NFPA 13 y 16 los cuales abarcan la planificación y diseño de sistemas de aspersores, el tipo de materiales y los componentes empleados en estas instalaciones, así como las operaciones necesarias para su instalación.
7. Incluso, dada la deficiencia normativa y con el interés de contar con una norma apropiada para todas las instalaciones de este tipo, la empresa Petróleos Mexicanos estableció su propia normatividad de sistemas fijos de protección contra incendios Norma DG-GPASI-SI3610 (Norma para el Diseño y Construcción de Redes de Agua Contra Incendio en centros de trabajo de PEMEX) la cual define todos los requisitos de seguridad y las especificaciones de materiales y equipos que deben ser considerados en el diseño, construcción y equipamiento de redes de agua contra incendio, destinadas a la protección de centros de trabajo de PEMEX. Existiendo similitud con las Normas de NFPA 13 y 16.
8. El diseño de aspersores para la protección contra incendios de llenaderas de autotanques debe basarse en estas dos referencias, siendo ello lo más recomendable que éste se realice conforme a la Norma NFPA 13 y 16 ya que estas consideran, la planificación y diseño de sistemas de rociadores y la Norma de PEMEX DG-GPASI-SI-3610 únicamente estipula los requisitos mínimos de seguridad que deben cumplirse en el diseño y construcción de redes de agua contra incendio, así como las especificaciones de materiales, accesorios y equipos, es decir no establece una guía de cálculo como lo hace las citadas normas NFPA.
9. La Norma 15 NFPA debe consultarse en cuanto a los detalles de diseño e instalación de sistemas no cubiertos por la norma número 13 NFPA. Incluso la Norma 16 NFPA cita a la Norma 15 en la sección de cálculos hidráulicos.
10. Dado que en un área de llenaderas de autotanques donde se manejan grandes cantidades de líquidos inflamables, no es suficiente el instalar un sistema fijo contra incendio a base de boquillas rociadoras de agua si no que es necesario que éste trabaje con espumas también, por lo que es necesario instalar un paquete de presión balanceada, que se instala para dosificar concentrado químico espumante a una corriente de agua, y dichos concentrados espumantes serán los que usan exclusivamente las Superintendencias de Ventas de PEMEX y que pueden ser los siguientes:
 - El concentrado espumante AFFF (Aqueous Film Forming Foam por su nombre en inglés)
 - Concentrado Espumante AR AFFF (Alcohol Resistent por su nombre en inglés).
 - Concentrado espumante FFFP Fluoro Proteínicos (Film-Forming Fluoroprotein Foam Concentrates por su nombre en inglés)

11. Dado que la Norma NFPA 13 permite que los cálculos hidráulicos se realicen mediante la utilización un programa de computación, se decidió para éste trabajo de tesis utilizar un programa de computación (The Sprinkler Program 2001) autorizado por NFPA, el cual fue desarrollado por gente especialista en ingeniería contra incendio, lo que simplificó el trabajo al llegar a la parte fuerte de la tesis, que son los cálculos hidráulicos del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Protección Contra Incendios
Cuarta Edición En Español 1993, Correspondiente a la Décimo Séptima Edición de E.U
- Manual de Ingeniería de Nacional Foam-Kidde

- Principios de Protección Contra Incendios
Arthur Cote y Percy Bugbee
Nacional FIRE Protection Association 1988

- Principios de la Química de Protección Contra Incendios
Richard L. Truve
Nacional Protection Association

- Guía Norma de espumas contra incendio de Nacional

- Norma Oficial Mexicana NOM-003-SCT/200, Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

- Norma Oficial Mexicana NOM-004-SCT/2000, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

- Norma NFPA 30, Flammable and Combustible Liquids Code, August 18, 2000 Edition

- Norma NFPA 15, Standard for Water Spray Fixed System for Fire Protection, August 2, 2001

- Norma NFPA 16, Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray System, February 4, 1999 Edition.

- Normas de Seguridad y Procedimientos de Operación de Petróleos Mexicanos
NO.07.3.18 Seguridad en el Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Llenaderas de gas L.P. para autotanques.

DG-GPASI-SI-3610 Norma para el Diseño y Construcción de Redes Contra Incendio en centros de Trabajo de PEMEX Refinación.

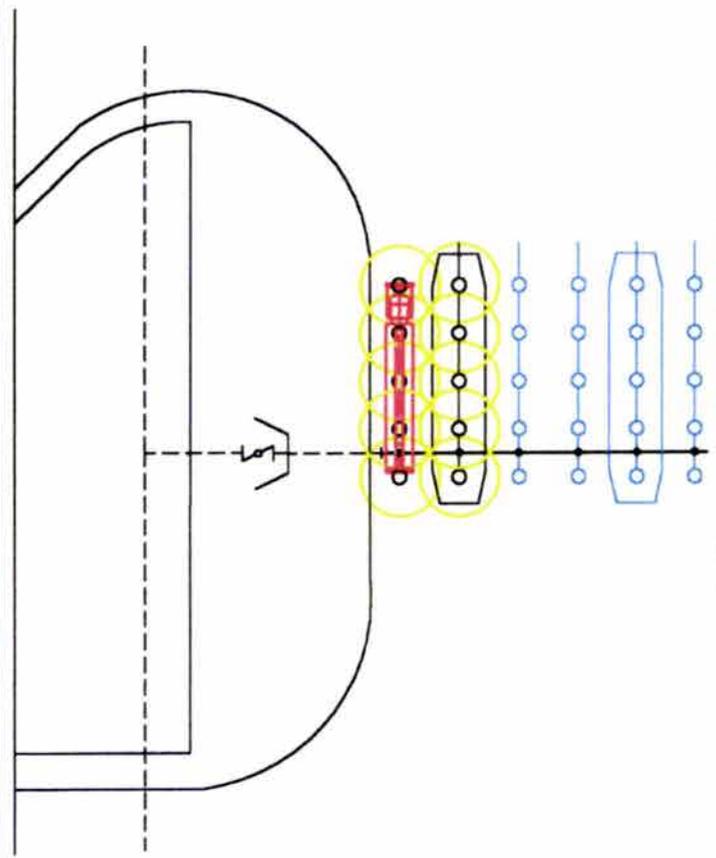
DG-GPASI-SI-3600 Norma de Seguridad y Contra Incendio para tanques de almacenamiento de Productos Inflamables y Combustibles de PEMEX Refinación.

Procedimiento: Revisión Final y Sellado de Autotanques en una terminal de Almacenamiento y Distribución con SIMCOT, Enero/2003

Procedimiento Seguro de Operación "Para el Llenado de Autotanques por el Fondo en las Superintendencias de Ventas, Junio 1997

Procedimiento para el Llenado de Autotanques Locales de PEMEX, Dic 2002

Procedimiento Seguro de Operación "Operación del Sistema Generador de Espuma de Presión Balanceada Existente en las Superintendencias de Ventas de PEMEX
Norma de Seguridad No. AVII-18 Sistemas de Aspersores para Protección Contra Incendio, Agosto 1978



TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
 SISTEMA DE ASPERSORES AGUA ESPUMA CI.
 EN UNA LLENADERA DE AUTOTANQUES



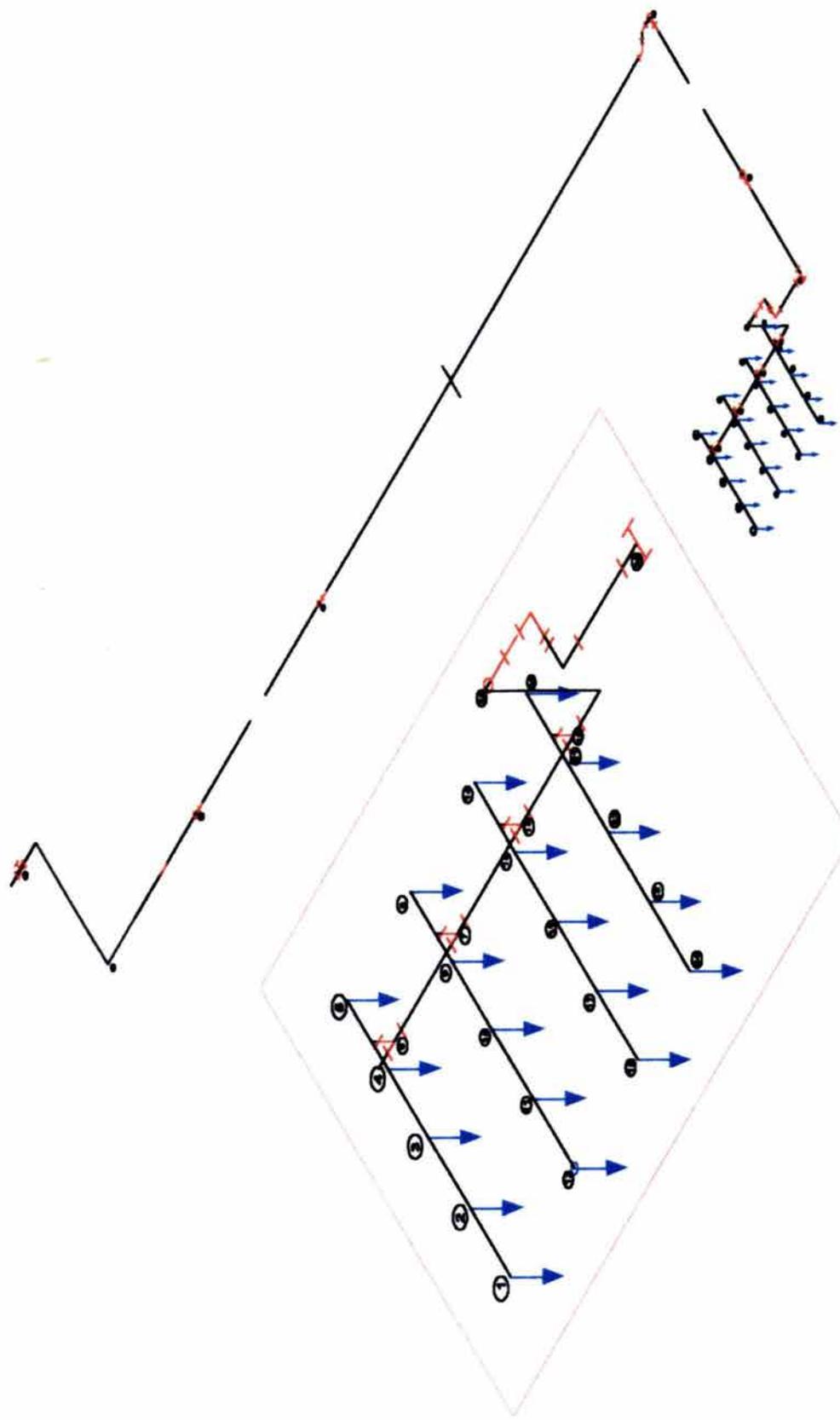
U N A M
 FACULTAD DE QUÍMICA



TESIS PROFESIONAL

MIGUEL ANGEL MUÑOZ GARCÍA





TESIS PROFESIONAL
MIGUEL ANGEL MUÑOZ GARCÍA



**TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
 SISTEMA DE PRESIONES AGUA REPULMA S.A.
 EN UNA LLENADERA DE AUTOTANQUES**

**CALCULO DEL SISTEMA DE
ASPERSORES AGUA-ESPUMA**

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Equiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
1	5.60 q	30.67	2.067	lgth 8.190		Pt 30.00	
to	Q	30.67	120 E	ftg 5.000	0.011	Pf 0.14	
2				tot 13.190		Pe 0.00	
2	5.60 q	30.74	2.067	lgth 8.190		Pt 30.14	
to	Q	61.42	120 T	ftg 10.000	0.038	Pf 0.69	
3				tot 18.190		Pe 0.00	
3	5.60 q	31.10	2.067	lgth 8.190		Pt 30.83	
to	Q	92.51	120 T	ftg 10.000	0.081	Pf 1.48	
4				tot 18.190		Pe 0.00	
4	5.60 q	31.83	2.067	lgth 8.190		Pt 32.31	
to	Q	124.34	120 T	ftg 10.000	0.141	Pf 2.56	
5				tot 18.190		Pe 0.00	
5	5.60 q	33.07	2.067	lgth 4.090		Pt 34.87	
to	Q	157.41	120 T	ftg 10.000	0.218	Pf 3.06	
6				tot 14.090		Pe -0.17	
6	q	0.00	4.026	lgth 9.830		Pt 37.76	
to	Q	157.41	120 T	ftg 20.000	0.008	Pf 0.25	
7				tot 29.830		Pe 0.00	
7	q	0.00	2.067	lgth 4.090		Pt 38.01	
to	Q	157.41	120 E	ftg 5.000	0.218	Pf 1.98	
8				tot 9.090		Pe 0.17	
8	5.60 q	35.49	2.067	lgth 8.190		Pt 40.16	
to	Q	192.90	120 T	ftg 10.000	0.317	Pf 5.76	
9				tot 18.190		Pe 0.00	
9	5.60 q	37.95	2.067	lgth 8.190		Pt 45.93	
to	Q	230.85	120 T	ftg 10.000	0.442	Pf 8.03	
10				tot 18.190		Pe 0.00	
10	5.60 q	41.14	2.067	lgth 8.190		Pt 53.96	
to	Q	271.99	120 T	ftg 10.000	0.598	Pf 10.88	
11				tot 18.190		Pe 0.00	
11	5.60 q	45.09	2.067	lgth 8.190		Pt 64.84	
to	Q	317.08	120 E	ftg 5.000	0.795	Pf 10.48	
12				tot 13.190		Pe 0.00	
12	5.60 q	48.60	4.026	lgth 40.000		Pt 75.32	
to	Q	365.69	120 T	ftg 20.000	0.040	Pf 2.41	
13				tot 60.000		Pe -0.17	

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & Devices	Pipe Equiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
13 to 14	q Q	0.00 365.69	2.067 120 E	lgth ftg tot	4.090 5.000 9.090	Pt Pf Pe	77.57 9.40 0.17
14 to 15	5.60 q Q	52.28 417.96	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	87.14 24.09 0.00
15 to 16	5.60 q Q	59.06 477.02	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	111.23 30.77 0.00
16 to 17	5.60 q Q	66.73 543.75	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	142.00 39.20 0.00
17 to 18	5.60 q Q	75.38 619.13	2.067 120 E	lgth ftg tot	8.190 5.000 13.190	Pt Pf Pe	181.20 36.14 0.00
18 to 19	5.60 q Q	82.56 701.69	4.026 120 T	lgth ftg tot	40.000 20.000 60.000	Pt Pf Pe	217.34 8.06 -0.17
19 to 20	q Q	0.00 701.69	2.067 120 E	lgth ftg tot	4.090 5.000 9.090	Pt Pf Pe	225.23 31.40 0.17
20 to 21	5.60 q Q	89.74 791.43	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	256.80 78.49 0.00
21 to 22	5.60 q Q	102.54 893.97	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	335.29 98.34 0.00
22 to 23	5.60 q Q	116.61 1,010.58	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	433.63 123.38 0.00
23 to 24	5.60 q Q	132.16 1,142.73	2.067 120 T	lgth ftg tot	8.190 10.000 18.190	Pt Pf Pe	557.01 154.87 0.00
24 to 25	5.60 q Q	149.41 1,292.14	4.026 120 2E	lgth ftg tot	49.340 20.000 69.340	Pt Pf Pe	711.88 28.83 -0.17

Reference	Nozzle Type & Location	Flow in gpm	Pipe Fittings Size & inches Devices	Pipe Eqiv. Length	Friction Loss psi/ft	Req. psi	Notes
25	q	0.00	4.026	lgth	19.670	Pt	740.53
to	Q	1,292.14	120 2E, BV,T	ftg	52.000	Pf	29.80
26				tot	71.670	Pe	7.98
26	q	0.00	11.938	lgth	34.000	Pt	778.31
to	Q	1,292.14	120 E	ftg	27.000	Pf	0.13
27				tot	61.000	Pe	-2.13
27	q	0.00	11.938	lgth	53.440	Pt	776.31
to	Q	1,292.14	120 E	ftg	27.000	Pf	0.17
28				tot	80.440	Pe	2.13
28	q	0.00	11.938	lgth	196.420	Pt	778.61
to	Q	1,292.14	120 3E,T	ftg	141.000	Pf	0.70
29				tot	337.420	Pe	-2.13
29	q	0.00	11.938	lgth	72.620	Pt	777.19
to	Q	1,292.14	120 E	ftg	27.000	Pf	0.21
30				tot	99.620	Pe	2.13
30	q	0.00	11.938	lgth	50.980	Pt	779.52
to	Q	1,292.14	120 T	ftg	60.000	Pf	0.23
31				tot	110.980	Pe	-2.13
31	q	0.00	11.938	lgth	42.000	Pt	777.63
to	Q	1,292.14	120 T, GV	ftg	66.000	Pf	0.23
32	Source			tot	108.000	Pe	0.00
	Qt	1,292.14				Pt	777.85