

Emergencias e incendios con hidrocarburos, líquidos inflamables y combustibles



[Honor, Valor, Disciplina]

U.A.E. CUERPO OFICIAL
BOMBEROS
BOGOTÁ D.C.



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
GOBIERNO, SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Unidad Administrativa Especial Cuerpo
Oficial de Bomberos

Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá

Gustavo Francisco Petro Urrego
Alcalde Mayor de Bogotá

Euclides Mancipe Tabares
Director U.A.E. Cuerpo Oficial de Bomberos
de Bogotá

Mauricio Ayala Vásquez
Subdirector Operativo

Sandra Janneth Romero Pardo
Subdirectora de Gestión Humana

Carlos Armando Oviedo Sabogal
Subcomandante
Coordinador Área de Capacitación y
Entrenamiento

Apoyo revisión

Germán Aldana Matiz - Sargento
Edgar Manuel Rojas Vanegas - Bombero
Leonardo Bernal Rincon - Bombero
Alvaro Acevedo Silva - Bombero
Claudia Patricia González Ramírez - Aux.
Administrativa

Elaboración

Comandante Gerardo Martínez
Subcomandante Jorge Enrique Galindo
Reyes
Teniente Ciprian Bohórquez Fracica
Bombero Abraham Vargas
Cabo Edgar Briceño
y Equipo Matpel

Estandarización de módulos

Instituto de Extensión y Educación para el
Trabajo y Desarrollo Humano, IDEXUD,
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas

Fotografía

Oficina Asesora en Comunicaciones y
Prensa
U.A.E. Cuerpo Oficial de Bomberos de
Bogotá

Impresión

U.A.E. Cuerpo Oficial de Bomberos
Bogotá, D.C.
2014

AVISO IMPORTANTE ACERCA DE ESTE DOCUMENTO

La U.A.E. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá no se responsabiliza por ninguna lesión personal, a la propiedad, ni otros daños de cualquier naturaleza, ya sea especial, indirecto, como consecuencia de algo, o compensatorio, que resulte directa o indirectamente de esta publicación, de su uso, o de su confiabilidad. La U.A.E. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá no garantiza ni da garantías sobre la veracidad o la cantidad de la información aquí publicada.



[Honor, Valor, Disciplina]

**U.A.E. CUERPO OFICIAL
BOMBEROS**
BOGOTÁ D.C.



Tabla de contenido

Pág.

Introducción.....	3
Objetivos.....	5
1. Clasificación de los líquidos inflamables y líquidos combustibles.....	6
1.1. Líquido inflamable.....	7
1.2. Líquido combustible.....	7
2. Propiedades físicas de los líquidos.....	8
2.1. Propiedades físicas de los líquidos inflamables y combustibles.....	8
3. Propiedades de inflamabilidad de los líquidos inflamables y combustibles	11
4. Fenómenos fisicoquímicos de los líquidos inflamables y combustibles.....	12
4.1. Boilover.....	13
4.2. Slopover.....	17
4.3. Frothover.....	17
5. Tipo de tanques para el almacenamiento de combustible.....	19
5.1. Tanques verticales y techo flotante.....	19
5.2. Tanques flotantes plegables.....	20
5.3. Tanques tipo esfera.....	21
5.4. Tanques horizontales.....	22
Bibliografía.....	23





Introducción

La base principal de esta Norma es la National Fire Protection Association, **NFPA 30** 29 CFR 1910.106 la cual se aplica a la manipulación, el almacenamiento y el uso de líquidos inflamables y combustibles con un punto de inflamación por debajo de 200 grados Fahrenheit. Hay dos peligros principales asociados con líquidos inflamables y combustibles: explosión e incendio.

A fin de evitar estos riesgos, esta norma se refiere a las principales preocupaciones de: diseño y construcción, ventilación, fuentes de ignición, y almacenamiento.

Origen y Desarrollo

Entre 1913 y 1957 este documento fue escrito como una ordenanza municipal modelo conocida como la Ordenanza Sugerida para el almacenamiento, manipulación y uso de Líquidos Inflamables. En 1957, se cambió su formato, convirtiéndola en código, aunque los requisitos técnicos y sus provisiones permanecieron iguales. Durante los 56 años de existencia de la norma NFPA 30, se han publicado numerosas ediciones revisadas de acuerdo con lo dictado por la experiencia y los avances diferentes tecnológicos.

Nota:

Las definiciones de “líquido inflamable” y “líquido combustible” incluidas en el código NFPA 30 difieren de las utilizadas por el Departamento de Transporte de los Estados Unidos. Porque en la Sección 1.7 del NFPA 30 se hace referencia a la definición y clasificación de los líquidos inflamables y combustibles. Dichas definiciones y clasificaciones fueron convenidas años atrás por la NFPA, por el Departamento de Transporte (DOT) y por



Emergencias e incendios con hidrocarburos, líquidos inflamables y combustibles



la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos, con la intención de eliminar las discrepancias en las definiciones que se aplicaban en ese momento. Desde entonces, el Departamento de Transporte ha modificado su definición de “líquido inflamable” elevando el límite superior a 141°F (60,5°C). Se efectuó dicha modificación debido a que los Estados Unidos de América hacen parte del conjunto de reglamentaciones mundiales sobre materiales peligrosos avaladas por las Naciones Unidas y deben aplicar las definiciones de este organismo, al menos en el transporte internacional. Sin embargo, las reglamentaciones del DOT incluyen una excepción considerada de carácter “interno” que permite a un transportista redesignar como combustible líquido a cualquier líquido cuyo punto de inflamación momentánea se encuentre dentro del rango de la Clase II de la NFPA y que no cumpla con ninguna otra de las definiciones de materiales peligrosos.





Objetivos

Al finalizar la lección el participante estará en capacidad de:

- 1.** Relacionar la clasificación de los líquidos inflamables y combustibles según la Norma NFPA 30.
- 2.** Identificar la diferencia entre Líquidos Inflamables y líquidos Combustibles.
- 3.** Listar y definir tres propiedades físicas de los líquidos inflamables y combustibles.
- 4.** Nombrar y explicar por lo menos tres de los fenómenos fisicoquímicos que se presentan en los L.I y L.C.
- 5.** Listar dos tipos de tanques existentes para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.





1. Clasificación de los líquidos inflamables y líquidos combustibles



Foto: U.A.E. Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá





1.1. Líquido inflamable

Tienen puntos de inflamación inferiores a 100 °F (38 °C) y presiones de vapor que no superan los 40 PSI a 100 °F (275 kPa¹ a 38 °C). Los líquidos de la Clase I son aquellos cuyo punto de inflamación es inferior a 73 °F (23 °C) y su punto de ebullición inferior a 100 °F (38 °C) y se pueden subdividir así:

- **Clase IA:** líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a 73 °F (23 °C) y su punto de ebullición inferior a 100 °F (38 °C).
- **Clase IB:** líquidos cuyo punto de inflamación es inferior a 73 °C (23 °C) y su punto de ebullición superior a 100 °F (38 °C).
- **Clase IC:** líquidos con punto de inflamación entre 73 °F (23 °C) y 100 °F (38 °C).

1.2. Líquido combustible

Cualquier líquido que tenga un punto de inflamación igual o superior a 100 °F (38 °C). Se dividen de la siguiente manera:

- **Clase II:** se incluyen aquellos con puntos de inflamación igual o superior a 100 ° F (38° C) e inferior a 140° F (60° C).
- **Clase IIIA:** se incluyen los que tienen puntos de inflamación igual o superior a 140 ° F (60 °C) e inferior a 200 °F (93 °C).
- **Clase IIIB:** deberá incluir aquellos con puntos de inflamación igual o superior a 200 °F (93 °C).

¹ Unidad de medida de presión conocida como Pascal



2. Propiedades físicas de los líquidos

En los gases las moléculas se mueven libremente entre ellas pero no tienden a separarse. Al contrario de estos, los líquidos son ligeramente comprensibles e incapaces de expandirse indefinidamente. Difieren también de los sólidos, en la facilidad con que las moléculas se adaptan a la forma del recipiente que los contiene. Sin embargo, algunos líquidos son tan viscosos que es difícil de establecer una clara diferencia con los sólidos. Los materiales se presentan en ambos estados, líquido y sólido, dependiendo de la presión y la temperatura. Los líquidos tienden a transformarse en gases a medida que aumentan sus temperaturas o disminuyen sus presiones. Por otro lado, los gases tienden a pasar a líquidos al disminuir sus temperaturas o aumentar sus presiones.



Foto tomada de: www.netescuela.com

2.1. Propiedades físicas de los líquidos inflamables y combustibles

► Densidad

La densidad es una medida utilizada por la física y la química para determinar la relación entre la masa y el volumen de un líquido. Se calcula con la siguiente fórmula:

Densidad = masa / volumen.





En física el término densidad (ρ) es una magnitud referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen, sinónimo de masa volúmica, y puede utilizarse en términos absolutos o relativos. En términos sencillos, un objeto pequeño y pesado, como una piedra o un trozo de plomo, es más denso que un objeto grande y liviano, como un corcho o un poco de espuma.

► Densidad relativa

Es una comparación de la densidad de una sustancia con otra. La densidad relativa es adimensional (sin unidades), ya que queda definida como el cociente de dos densidades. Puesto que la densidad del agua es igual a la unidad, un líquido con una densidad relativa menor que uno flotará en el agua (a menos que sea soluble en ella), y una densidad relativa superior a uno significa que el agua flotará sobre el líquido.

► Densidad de vapor

Se denomina así al peso por unidad de volumen de un gas o vapor puro. En protección contra incendios, es expresada como relación entre el peso de un volumen de vapor y el peso de un volumen equivalente de aire, en las mismas condiciones de presión y temperatura.

► Presión de vapor

Es la presión de la fase gaseosa o vapor de un sólido o un líquido sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentra en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas. Este fenómeno también lo presentan los sólidos; cuando un sólido pasa al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.





► Índice de evaporación

Es la velocidad con la que un líquido pasa a una fase gaseosa. Todos los materiales se evaporan pero lo importante para la protección Contra Incendios es la diferencia en la velocidad de evaporación de las mezclas. En general al disminuir el punto de ebullición, la presión de vapor y el índice de evaporación aumentan.

► Viscosidad

La viscosidad de un líquido o dicho de otra manera, es la propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con mayor facilidad.

► 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; se expresa en calorías por gramo (cal/gr) o en BTU (British Thermal Unit) por libra.

► Solubilidad en el agua y tensión superficial

Son otras características de los líquidos, que tienen interés en el campo de la protección contra incendios. (p.ej., dos líquidos insolubles uno en otro). Cuando se utilizan en la tecnología doméstica se denominan como emulgentes o emulsionantes; esto es, sustancias que permiten conseguir o mantener una emulsión. Los tensoactivos o tensioactivos (también llamados surfactantes).





3. Propiedades de inflamabilidad de los líquidos inflamables y combustibles

► Punto de inflamación

El punto de inflamación se da con la presencia de una temperatura mínima en la cual los sólidos y líquidos desprenden vapores que se mezclan con el oxígeno formando atmósferas inflamables.

► Temperatura de ignición

Se denomina así a la temperatura mínima necesaria para que los vapores generados por un combustible comiencen a arder.

► Punto de ebullición

Es la temperatura a la cual la presión de vapor iguala a la presión atmosférica. Por ejemplo, a nivel del mar la presión atmosférica es de 1 atmósfera o 760 mm Hg², el punto de ebullición del agua a esta presión será de 100°C porque a esa temperatura la presión de vapor alcanza una presión de una atmósfera.

► Límite de inflamabilidad

Los límites inflamables son calculados a temperatura y presión ambiente en el aire.

² Milímetros de Mercurio, unidad de medida de Presión





4. Fenómenos fisicoquímicos de los líquidos inflamables y combustibles

Dentro de los fenómenos fisicoquímicos devastadores de incendio tienen ganada su reputación los “rebosamientos en incendios de líquidos combustibles”.

Existen tres mecanismos de rebosamientos dependiendo de ciertas causas y circunstancias:

- **Rebosamiento por ebullición “BOILOVER”**
- **Rebosamiento superficial “SLOPOVER”**
- **Rebosamiento espumoso “FROTHOVER”**

De estos tres fenómenos el Boilover es el más peligroso, debido a su potencial intensidad, sin subestimar o minimizar las reacciones del Slopover y el Frothover.

Distintas causas obraron para que estos siniestros cobren tantas vidas, la principal y como reglas que se pueden aplicar a la vida misma fue la organización, el desconocimiento, la imprevisión de estos fenómenos por las organismos de emergencia, llevándolos a subestimar la situación; la falta de equipamiento adecuado, minimizando el margen de seguridad y también la información errónea del real contenido del tanque por parte de la empresa siniestrada hacia los Bomberos, esto surge rápidamente del análisis de los hechos que tuvieron en algunos casos verdadera relevancia internacional.





4.1. Boilover

► Rebosamiento por ebullición

En todo incendio de tanques de almacenaje de petróleo en que haya volado el techo producto de la explosión inicial, durante el desarrollo del siniestro las capas compuestas por las fracciones de líquidos livianos se van destilando a través de la combustión del producto.

El resto del componente del petróleo que son las fracciones pesadas conforman una capa que mediante este proceso comienza en sentido inverso a descender, realizando lo que se conoce como “intercambio de capas frías por capas calientes” estas capas calientes son las que forman la onda de calor.

Las fracciones pesadas y calientes a temperaturas entre los 200 a 300°C aprox. Permite realizar un cálculo en el que realizan el descenso a un metro por hora aproximadamente, por otro lado la zona de combustión sobre la superficie del líquido, zona de llama, va quemando y descendiendo a unos 30cm por hora aproximadamente.

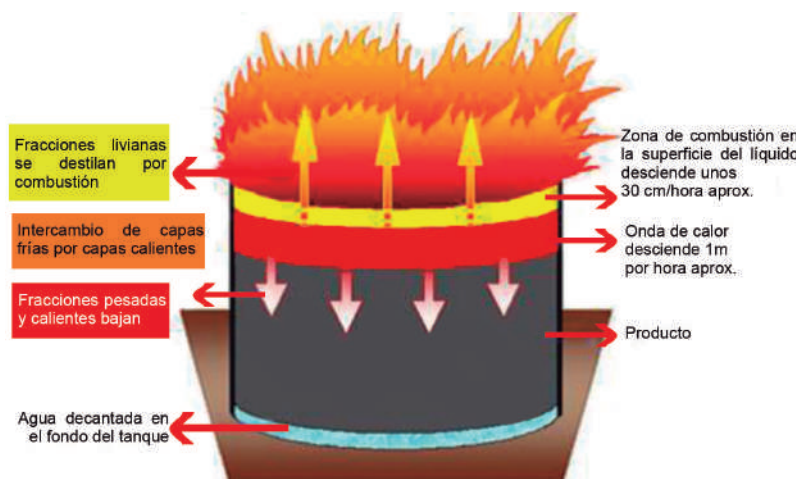


Imagen tomada de: <http://www.contraincendioonline.com/>





Esta onda de calor al tomar contacto con el agua decantada en el fondo del tanque produce una súbita transformación a vapor súper calentado expandiéndose 1:1700/2000 veces dependiendo de la temperatura del líquido, dando lugar al rebosamiento de todo el contenido. Pensemos que el agua en estado líquido se expande 1700 veces a 100°C y un aspecto fundamental que marca el comienzo del rebosamiento aparte del tremendo ruido, similar a frituras, producto del contacto del agua con las capas calientes; es el súbito incremento de la temperatura y la radiación térmica entorno a toda la zona.

El combustible es lanzado fuera del tanque en una explosión violenta se expande hacía los costados hasta tomar contacto con la tierra y proseguir propagándose y trasladándose en todas direcciones destruyendo todo lo que encuentra a su paso, en algunos casos la temperatura puede llegar a superar los 1200°C.

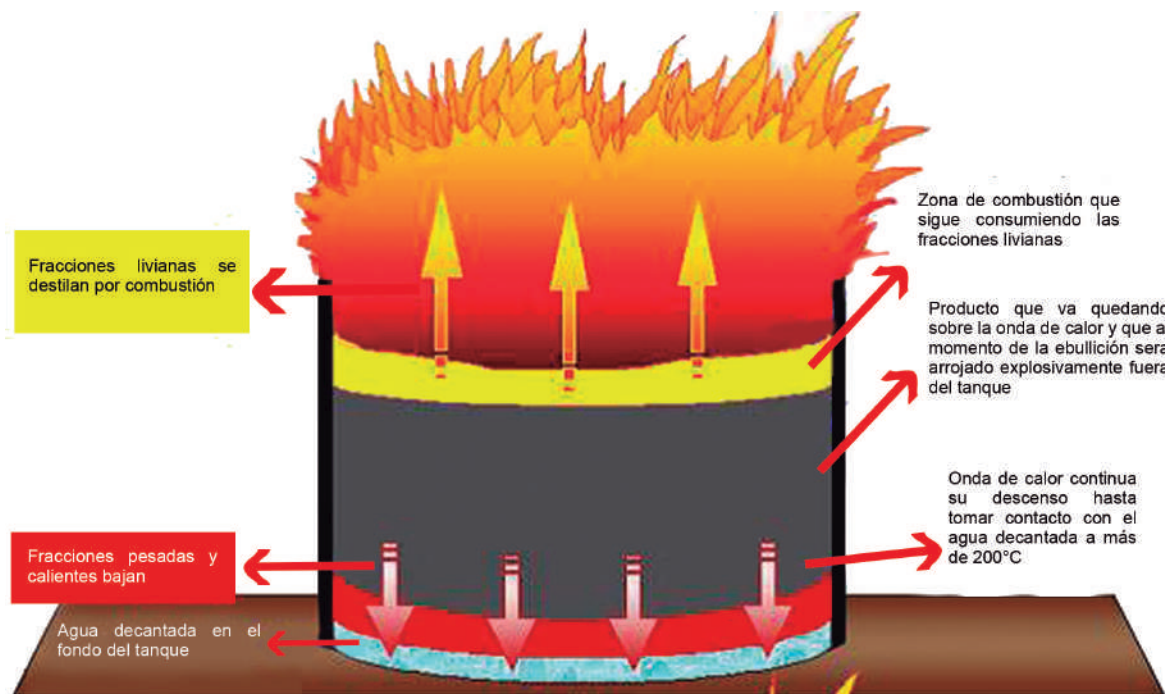


Imagen tomada de: <http://www.contraincendioonline.com/>



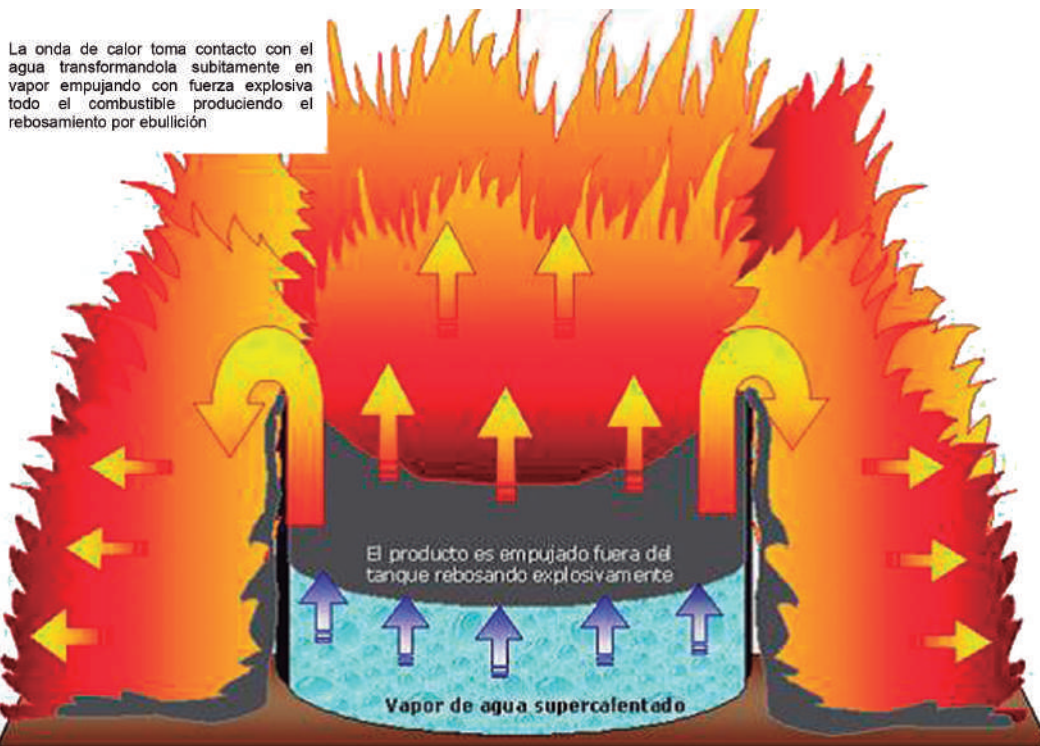


Imagen tomada de: <http://www.contraincendioonline.com/>

► **Condiciones fundamentales para la producción de este tipo de fenómenos incendio total de un tanque con voladura del techo**

Los incendios en tanques de almacenaje se pueden dar de varias formas. Para este caso es decisivo identificar el compuesto inicial que dio lugar al incendio. En los tanques de techo fijo y cónico, esta parte es de suma importancia para las emergencias de incendio, ya que los techos actúan como fusibles siendo la parte más débil de toda su estructura.





► **Presencia de agua en estratos o capas del combustible y en el fondo del tanque**

En los tanques de almacenaje siempre se tendrán restos de agua decantada en el fondo. Pero también se forman en los estratos intermedios emulsiones de agua libre y petróleo, principalmente esto dependerá del trabajo que tuvo el depósito en tareas de llenado o bien de exportación; el agitación de los líquidos conforman estas emulsiones que son las que provocan inicialmente los “Sloper”.

► **Desarrollo de la “onda de calor”, intercambio de capas frías por capas calientes:**

Esta característica también es determinante, ya que en la onda de calor por no existir el intercambio de capas frías por capas calientes que conectivamente descieran hasta contactar las emulsiones de agua o el agua decantada en el fondo del tanque. Pero en productos como el petróleo estos fenómenos se producen indefectiblemente, ya que el petróleo tiene en su composición fracciones livianas y fracciones pesadas, como se menciona. Las personas a cargo de la extinción de incendios en tanques de almacenaje de petróleo deben dar por hecho que estos fenómenos se producirán. En consecuencia están obligados a tomar las medidas de seguridad, prevención y contingencia para evitar serios desastres y accidentes entre el personal.

Para tener en cuenta la importancia y el papel determinante que tiene la onda de calor; un incendio en un tanque de petróleo a la vera de un camino en el estado de Texas, USA; los bomberos habían extinguido el incendio y en momentos que creían haber finalizado se produjo el Boilover, puesto a que, la onda de calor, a pesar que en la superficie las llamas se extinguieron, continuó descendiendo en la intimidad





del tanque y atreves del producto hasta tomar contacto con el agua y rebosar todo el petróleo fuera del depósito, varios bomberos resultaron con quemaduras.

4.2. Slopover

Este fenómeno tiene la misma mecánica de producción que el Boilover, y como se menciona se produce en líquidos inflamables y combustibles que tiene varios componentes, unos livianos y otros más pesados con distintas temperaturas de destilación.

Tras el incendio y el intercambio de capas frías por capas calientes que dan lugar a la formación de la onda de calor, ésta puede encontrarse durante su descenso con estratos de agua o emulsión de agua/petróleo a distintas distancias debajo de la superficie; la onda conectiva toma contacto con estas capas de agua libre, produciendo un reacción, sin grandes consecuencias de propagación. Este proceso se puede volver a repetir, en tal sentido los bomberos no deben confiarse que se haya producido el Boilover, pues el incendio continúa hasta la etapa que la onda de calor llegué la base del tanque de petróleo y es ahí donde se produce el Boilover, catalogado como el fenómeno más desbastador.

4.3. Frothover

El Frothover se produce con una mecánica similar al Boilover y el Slopover, siempre se repite el mismo proceso que básicamente es el contacto del agua que queda decantada en los tanques de almacenaje con ondas de calor o con producto caliente a temperaturas superiores a los 100°C como lo es el caso del Frothover. Este fenómeno es el rebosamiento de una sustancia por una onda de calor que se esparce en torno al tanque, en el Frothover puede que debido a la temperatura y a la presión, se tenga la presencia de la llama o por la gran generación de vapor de agua se produzca una atmosfera inerte que no permita la formación de llamas.





El mismo se puede producir en Líquidos Inflamables o combustibles, como aceites minerales, los que en sus procesos puedan almacenarse a temperaturas elevadas, justamente por la característica de viscosidad como lo son por ejemplo los asfaltos y alquitranes entre otros.

En consecuencia el accidente puede ser debido a una mala maniobra de procedimiento y no a causa del incendio. Para tener cuenta, la observación de la destrucción y la decoloración de las virolas de chapa de las paredes de los tanques orientan, en saber, a qué distancia se puede encontrar viajando la onda de calor.

Foto de Sr. Carlos Montero, exoficial Bomberos Punta Alta, Buenos Aires.



Foto gentileza Sr. Carlos Montero, ex Oficial Bomberos Punta Alta, Buenos Aires

1. Zona de combustión a partir de la superficie del líquido, desciende 30cm/ hora aprox.
2. Zona de líquido a gran temperatura
3. Zona de avance de la onda de calor mayormente es un descoloramiento por alta temperatura sin llegar a quemarse.





5. Tipo de tanques para el almacenamiento de combustible



Tomada de: www.radiomundial.com.ve

5.1. Tanques verticales y techo flotante

Constan de una membrana solidaria al espejo del producto que evita la formación del espacio vapor, minimizando pérdidas de líquidos inflamables y combustibles al exterior y reduciendo el daño medio ambiental y el riesgo de formación de mezclas explosivas en las cercanías del tanque. El techo flotante puede ser interno o externo, (existe un techo fijo colocado en el tanque) o externo (se encuentra a cielo abierto). En cualquier caso,





entre la membrana y la envolvente del tanque, debe existir un sello.

Los nuevos techos internos se construyen en aluminio, y se coloca un domo geodésico como techo fijo del tanque. Las ventajas que presenta el domo con respecto a un techo convencional son:

- Es un techo autoportante, es decir, no necesita fijarse. Esto evita el tener que perforar la membrana.
- Se construye en aluminio, lo cual lo hace más liviano.
- Se construyen en el suelo y se montan armados mediante una grúa, evitando trabajos riesgosos en altura.



Foto tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos37/almacenamiento-hidrocarburos/almacenamiento-hidrocarburos2.shtml>

5.2. Tanques flotantes plegables

Los tanques flotantes *RO-TANK* han sido desarrollados para el almacenamiento anti-polución, los cuales disponen de tanques propios o cuya capacidad es insuficiente.

Los RO-TANK pueden ser llenos o vacíos a velocidades de hasta 7 nudos en función del estado del mar. Gracias a sus conexiones rápidas ASTM es posible unir varios tanques para su remolque o fondeo conjunto.





Foto tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos37/almacenamiento-hidrocarburos/almacenamiento-hidrocarburos2.shtml>

Los RO-TANK están fabricados de una gruesa plancha de caucho Neopreno reforzado con 4 capas interiores de tejido de poliéster, un material extraordinariamente resistente a la abrasión y a la perforación. Tiene un recubrimiento en caucho **Hypalon**, resistente a los rayos ultravioleta, el ozono y el salitre.

Los RO-TANK vacíos se almacenan enrollados en una caja de madera de reducidas dimensiones. También es posible estibar hasta 10 tanques de 15 metros cúbicos en un sólo carretel de accionamiento hidráulico. Los RO-TANK pueden ser abiertos en ambos extremos para su limpieza interior mediante agua a presión o con detergentes.

5.3. Tanques tipo esfera

Las esferas se construyen en gajos utilizando chapas de acero. Se sostienen mediante columnas que deben ser calculadas para soportar el peso de la esfera durante la prueba hidráulica (pandeo). Cuentan con una escalera para acceder a la parte superior para el mantenimiento de las válvulas de seguridad y aparatos de telemedición.

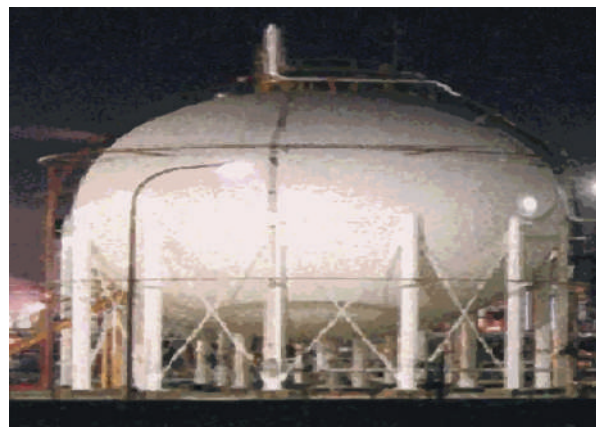


Foto tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos37/almacenamiento-hidrocarburos/almacenamiento-hidrocarburos2.shtml>





5.4. Tanques horizontales

Los recipientes horizontales (cigarros) se emplean hasta un determinado volumen de capacidad. Para recipientes mayores, se utilizan las esferas. Los casquetes de los cigarros son toriesféricos, semielípticos o semiesféricos.



Foto tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos37/almacenamiento-hidrocarburos/almacenamiento-hidrocarburos2.shtml>

Sus espesores están en el orden de (para una misma p , T y ϕ^3):

- Semielíptico: es casi igual al de la envolvente.
- Toriesférico: es aproximadamente un 75% mayor que el semielíptico.
- Semiesférico: es casi la mitad del semielíptico.

³ Presión, Temperatura y Densidad





Bibliografía

- Norma 30 de la NFPA. 2006
- Norma 29 CFR Sección 1910.106 Sub-parte H.
- Manual de Protección Contra Incendios NFPA. 2001
- Manual IFSTA para Bomberos cuarta edición. 2002





[Honor, Valor, Disciplina]

U.A.E. CUERPO OFICIAL **BOMBEROS** BOGOTÁ D.C.

Código: MAN-GTH-2

Versión: 1

Fecha: Agosto de 2014