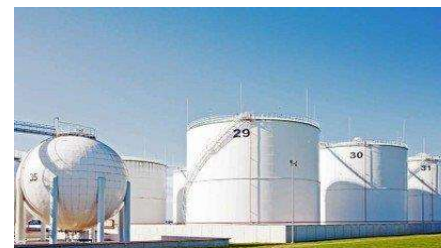
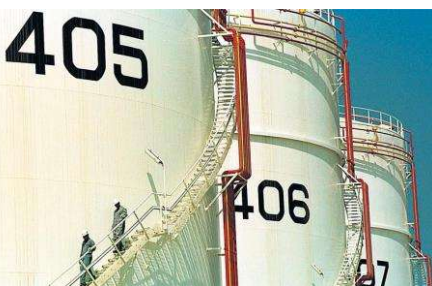


Guía operativa

ESTRATEGIA, TÁCTICAS Y MEDIOS
PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS DE
HIDROCARBUROS EN TANQUES DE
ALMACENAMIENTO Y DERRAMES.



PRÓLOGO

La **Guía operativa sobre medios y tácticas para la extinción de incendios de hidrocarburos** constituye en su conjunto, un instrumento de la máxima utilidad para las decisiones operativas de los mandos de los Servicios de Bomberos en operaciones en emergencias por derrame y/o incendio en las que se vean involucrados líquidos inflamables y/o combustibles en tanques atmosféricos, cubetos, estaciones de carga y en múltiples escenarios de derrame.

Es importante destacar que esta Guía, no solo constituye un soporte técnico para el ejercicio de las funciones del mando en general y del operativo en particular, en incidentes y emergencias con hidrocarburos, también es un manual para la formación de los distintos niveles y categorías de los Servicios de Bomberos y, para la formación básica de bomberos en aquellos capítulos con visión más técnica o de aplicación directa como son, aquellos estructurados entorno a la descripción tecnológica de recipientes y sus instalaciones de protección así como, las fichas y datos técnicos en materia de espumógenos y espumas de extinción y derrame.

Por otra parte, en lo referente a la trazabilidad del equipo redactor y extensible a quienes han colaborado, cabe señalar que todos ellos presentan una solvencia técnica sólida en los ámbitos operativos y de gestión de los Servicios de Bomberos, así como, una capacidad adecuada para abordar con éxito el proyecto de redactar una obra técnica especializada como la presente Guía. Por tanto, esperemos que esta no sea la última.

En otro orden de cosas, el V Workshop 2018, sobre intervención operativa en riesgos tecnológicos, celebrado en Madrid, constituye un marco excelente para la presentación de esta publicación, que puede enmarcarse en la continuación de la línea de trabajo iniciada en el año 2016 en el IV Workshop en este mismo ámbito celebrado en Cartagena con la presentación de la “Guía operativa sobre intervención ante accidentes en el transporte de materias peligrosas en vehículos cisterna”.

Finalmente, agradecer al equipo redactor, sus colaboradores y a las Instituciones públicas que han dado soporte a la publicación de la Guía por su compromiso y dedicación para que esta publicación pudiera ver la luz, contribuyendo así a la mejora profesional de los componentes de los Servicios de Bomberos.

Santiago Rovira Vallhonesta
Ingeniero Industrial.

Autores

Antonio Cabeza
Antoine Ruiz

SPEIS Ajuntament de Barcelona © 2018
SDIS 64 Sapeurs- Pompiers

Colaboradores:

Iban Novo
Rubén Estela
Guillem Larrubia
Manuel Alonso Herrería

SPEIS Ajuntament de Barcelona
SPEIS Ajuntament de Barcelona
SPEIS Ajuntament de Barcelona
Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia

Agradecimientos:

A todos los grupos de trabajo por sus opiniones.

Coordinadores de los GT

Enric Pous
Xabier Sabaté Vallé
Enrique Martínez Pavón
José María Gil Gutiérrez
Javier Elorza Gómez
Francisco Velamazán Cabrero
José Miguel Baset
Juan Manuel Bonilla
Miguel Albaladejo Pomares

Bomberos de la Generalitat de Catalunya
Bomberos de la Generalitat de Catalunya
Bomberos Ciudad de Madrid
S.E.I.S. de la Diputación Foral de Bizkaia
S.E.I.S. de la Diputación Foral de Bizkaia
C.P.E.I.S. Toledo
Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia
Bomberos de Murcia.
Bomberos de Leganés.

Por su colaboración:

C.E.I.S. Región de Murcia
Bomberos de Murcia.
Bomberos Ciudad de Madrid
Bomberos Comunidad de Madrid
Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia
Bomberos de la Generalitat de Catalunya
Bomberos Ciudad de Barcelona
S.E.I.S. de la Diputación Foral de Bizkaia
Bomberos de Leganés
C.P.E.I.S Toledo



Bizkaiko Foru Aldundia
Diputación Foral de Bizkaia



GUÍA OPERATIVA

ESTRATEGIA, TÁCTICAS Y MEDIOS PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS DE SUPERFICIES DE HIDROCARBUROS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y DERRAMES

ÍNDICE

1. [Objeto.](#)
2. [Destinatarios.](#)
3. [Responsabilidades.](#)
4. [Descripción de las instalaciones de almacenamiento de productos petrolíferos.](#)
5. [Tipos de tanques de almacenamiento.](#)
 - 5.1. [Tanques de techo fijo.](#)
 - 5.2. [Tanques de techo fijo y pantalla flotante interna.](#)
 - 5.3. [Tanques de techo flotante.](#)
6. [Instalaciones fijas y móviles de protección activa en tanques e instalaciones anexas.](#)
7. [Hipótesis accidentales y estrategias para la extinción en tanques de almacenamiento.](#)
 - 7.1. [Incendio de un tanque con techo fijo.](#)
 - 7.2. [Incendio de un tanque con techo fijo y pantalla flotante.](#)
 - 7.3. [Incendio de un tanque con techo flotante.](#)
 - 7.4. [Incendio en cualquier tipo de tanque.](#)
8. [Hipótesis accidentales y estrategias para la extinción en cubetos.](#)
9. [Dimensionado de los sistemas de extinción de incendios a utilizar independientemente de la protección activa de las instalaciones. Medios técnicos y fungibles.](#)

10. [Problemas operativos que se pueden encontrar en estos incendios.](#)

[Anexo 1: Justificación de los parámetros utilizados.](#)

[Anexo 2: Cuadros de necesidades de espumógeno, agua, monitores y bombeo para incendios en tanques.](#)

[Anexo 3: Cuadros de necesidades de espumógeno, agua, monitores y bombeo para incendios en cubetos y charcos.](#)

[Anexo 4: Radiación térmica y distancias a zona incendio.](#)

[Anexo 5: Tipos de espumógeno.](#)

[Anexo 6: Prescripciones normativas españolas para la protección activa en instalaciones de almacenamiento de hidrocarburos.](#)

[Anexo 7. Estudio del fenómeno BOILOVER en los incendios de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.](#)

[Anexo 8: Propuestas de maniobras concretas en diferentes ejemplos de posibles incendios.](#)

[Anexo 9: Documentos y normativas de consulta.](#)

1

OBJETO.



1. OBJETO

Es objeto de esta guía facilitar al mando la toma de decisiones con relación a las tácticas y estrategias de extinción en situaciones con superficies de hidrocarburos incendiadas o con posibilidad de incendiarse. Los datos aquí expuestos pueden servir para:

- Clasificar las diferentes tipologías de depósitos y sus sistemas de protección.
- Aportación de posibles escenarios.
- Posibles técnicas utilizadas para la extinción de superficies de hidrocarburos incendiadas y técnicas para la prevención de superficies expuestas sin combustión.
- Medios fungibles necesarios para llevar a cabo las técnicas anteriores. Ejemplos de medios tecnológicos.
- Datos para zonificar y defender a la población y a los intervinientes.

No obstante, al margen de lo anterior, el objetivo principal es proporcionar una guía rápida de los recursos necesarios para hacer frente a un gran incendio de depósito o cubeto de hidrocarburo.



2

DESTINATARIOS.



2. DESTINATARIOS

Esta guía operativa está destinada a los integrantes de los servicios de bomberos llamados a intervenir en una situación como la descrita, en especial a los mandos superiores debido a la importancia y requerimientos a largo plazo que implican estos accidentes. No obstante, también existen datos que se pueden extrapolar a accidentes de menor dimensión.



3

RESPONSABILIDADES Y ESTRATEGIAS



3. RESPONSABILIDADES Y ESTRATEGIAS.

Es importante destacar que la mayoría de las instalaciones de depósitos de hidrocarburos son establecimientos que disponen de una organización interna, tanto en el proceso cotidiano, como en el momento de un accidente, a través de su plan de emergencia. Por tanto, en el momento de la intervención nos encontraremos con unas personas con unos conocimientos excelentes de las instalaciones propias y dependiendo del caso, con unos equipos de intervención especializados.

También se trata de instalaciones que la normativa actual de seguridad (RSCIEI, RAPP, REBT, etc.) obliga a disponer de instalaciones fijas y móviles de protección activa contra incendios que estarán diseñadas para ser lo más eficaces posibles. También esta normativa obliga a separar las diferentes partes de la planta para evitar una propagación o efecto dominó (protección pasiva). No obstante, es importante destacar que sobre todo el Reglamento de Almacenamiento de Productos Petrolíferos, exige unos niveles mínimos muy básicos que son de obligado cumplimiento y la mayoría de sistemas contra incendios se utilizan para compensar las distancias de separación entre las instalaciones fijas de la planta. Por tanto, nos podemos encontrar con diferentes grados de seguridad en instalaciones de dimensiones y características similares.

Por último, decir que las estrategias que se empleen es conveniente compartirlas con los máximos responsables y propietarios de las instalaciones ya que no solamente pueden implicar riesgos para las vidas humanas o el medio ambiente, sino que también existe la variable de pérdidas económicas. Además, como ya se ha indicado anteriormente, los usuarios y responsables del establecimiento son los máximos conocedores de sus instalaciones y en algunos casos también de las posibles soluciones. En muchos casos este conocimiento es proporcional a la dimensión del establecimiento. Precisamente, en aquellos casos en los que estos riesgos de instalaciones de almacenamiento están concentrados en polígonos, consorcios, muelles u otro tipo de agrupamiento, es posible que existan planes de ayuda mutua en los cuales queda reflejado la capacidad de medios que tiene cada empresa a disposición de una gran emergencia fuera de sus instalaciones.

Si el accidente es de una cierta dimensión, el mando de la intervención debe contar con los componentes del plan de emergencia exterior que se haya activado por parte de la administración competente.

Por todo lo anterior, en este documento se van a dar datos para ser utilizados por los servicios de bomberos ajenos a la empresa que puedan ser llamados a intervenir en un accidente de estas características, siempre desde el punto de vista estrictamente lógico de la extinción y en cuanto a su estrategia y táctica. No se tratarán los aspectos básicos de control y mando ni los aspectos propios de una intervención de riesgo químico como pudiesen ser temas de autoprotección de los equipos de trabajo, evaluación del escenario, sectorización de trabajos, etc.

Por último, decir que este documento, se elabora a título personal y por tanto no tiene ninguna validez normativa ni reglamentaria. Es más, los datos en él incluidos a pesar de derivar de diferentes documentos de reconocido prestigio y normativas, no obedecen en algunos casos a experiencias en incendios reales.

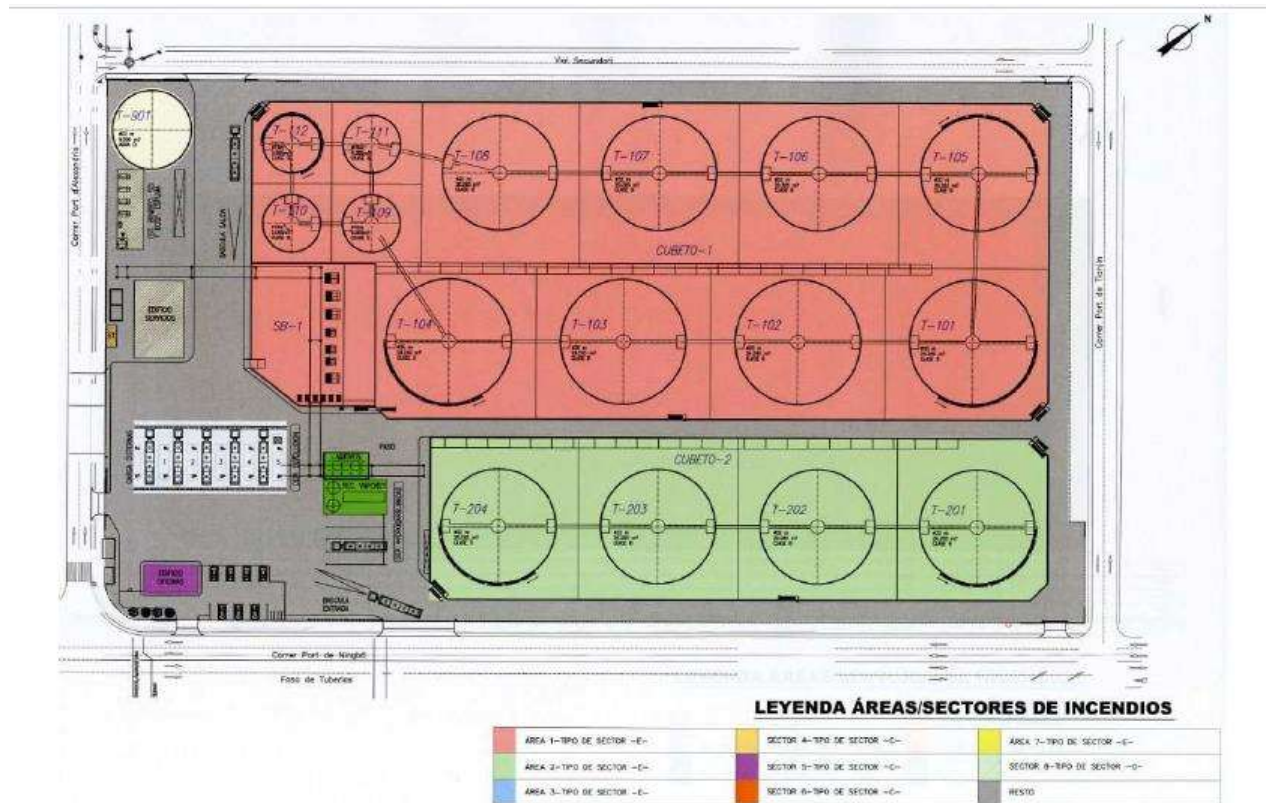
4

DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS.



4. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS.

Este tipo de establecimientos básicamente están formados por un conjunto de tanques de almacenamiento y todas aquellas instalaciones que hacen posible la logística de importación y exportación de producto.



Básicamente las instalaciones funcionan recepcionando cantidades enormes de producto, ya sea por vía marítima o por oleoducto y expidiendo cantidades más pequeñas a través de cisternas de camión, vagones cisternas u oleoducto. Para hacer todo esto hace falta además de los tanques, una importante red de tuberías, sistemas de bombeo, cargaderos de camiones o vagones e instalaciones auxiliares como pueden ser; instalaciones de protección contra incendios (**IPC**), depuradora, caldera, transformadores de AT y edificios de control y oficinas.

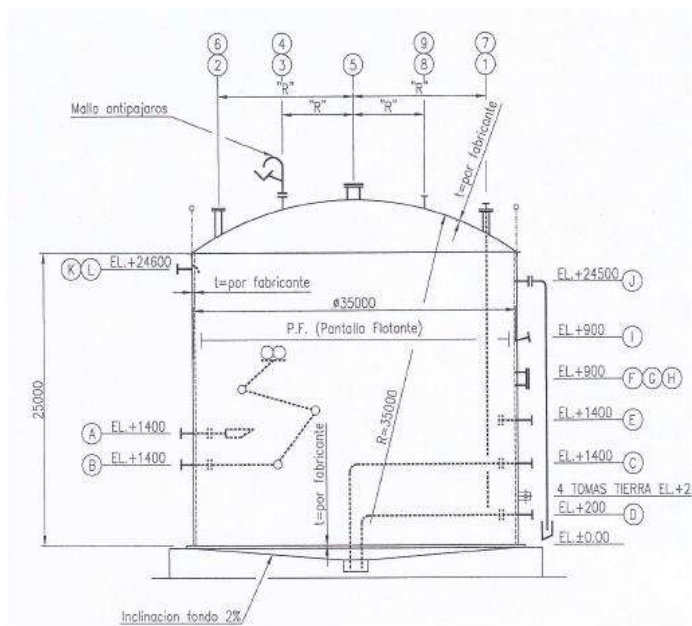


Los accidentes en estas instalaciones suelen producirse en aquellos sitios donde hay movimiento y trasiego de producto, ya que es donde la frecuencia del fallo de la máquina o del hombre puede tener mayor incidencia. Por esta razón, es en la zona de cargaderos y foso de bombas las zonas con mayor frecuencia de ocurrencia, siendo sus efectos, derrames en los fosos correspondientes. También son efectos iniciadores los rayos y las tareas de soldaduras en los tanques. No obstante, si consideramos que el riesgo está afectado por esta componente de probabilidad de ocurrencia, pero también por los efectos causados, son los incendios en depósitos los que implican un mayor riesgo ya que, aunque la probabilidad de ocurrencia sea escasa, los efectos producidos son enormes.

Normalmente, en todos los casos, tanto las instalaciones auxiliares como los tanques están contenidos en unos fosos o cubetos para que un derrame accidental quede limitado a la superficie del cubeto y no se extienda sin límite. La capacidad de estos cubetos está calculada para contener el producto del depósito más grande con un límite de altura máximo.



Esta guía tratará básicamente aquellos tanques de almacenamiento destinados a albergar grandes cantidades de producto. Con ello no se excluyen los accidentes en aquellos tanques, depósitos o derrames menores, situaciones que se podrán hacer frente extrapolando las soluciones descritas.



TUBULADURAS					
Mar.	Can.	Ø Nom.	Rating	Servicio	"R"
A	1	20"	ASA SO 150#	ENTRADA PRODUCTO	17835
B	1	20"	ASA SO 150#	SALIDA PRODUCTO	17835
C	1	12"	ASA SO 150#	SALIDA BAJA VACIADO	17835
D	1	4"	ASA SO 150#	DRENAJE FONDO	17785
E	1	12"	ASA SO 150#	RESERVA	17835
F/G/H	3	32"	NO ASA	BOCA DE HOMBRE	17855
I	1	2"	ASA SO 150#	SONDA TEMPERATURA	17760
J	1	20"	ASA SO 150#	REBOSADERO	17835
K/L	2	10"	ASA SO 150#	ENTRADA ESPUMA	17680
1	1	6"	ASA SO 150#	BOCA Sonda CON TUBO BUZO	16200
2	1	6"	ASA SO 150#	BOCA Sonda CON TUBO BUZO	16200
3/4	2	16"	ASA SO 150#	VENTEO LIBRE	1200
5	1	24"	NO ASA	BOCA HOMBRE VENTEO EMERGENCIA	0
6	1	4"	ASA SO 150#	ALARMA NIVEL ALTO	16200
7	1	12"	ASA SO 150#	INDICADOR NIVEL CON TUBO BUZO	16200
8	1	2"	ASA SO 150#	RESERVA	1200
9	1	4"	ASA SO 150#	RESERVA	1200

La mayoría de los tanques de almacenamiento son recipientes diseñados para soportar internamente la presión ejercida por el peso del producto más la presión atmosférica más una ligera presión de seguridad que nunca llega a sobrepasar los 0,15bar. También cabe decir que estos tanques tampoco soportan ningún tipo de depresión o escasos mbar. Para soportar estos esfuerzos se suele utilizar chapa de acero de diferentes calidades, con espesores que varían en función de los diámetros y altura de los tanques.

A modo de ejemplo, para un tanque de diámetro de 40m y una altura de 20m, los espesores de la chapa oscilan entre 25mm en las virolas de la parte baja y 5mm en las virolas que tocan al techo.

5

TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

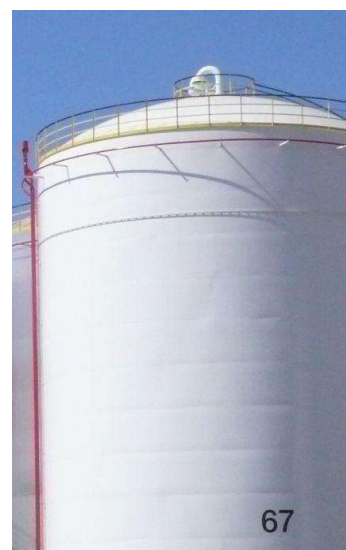
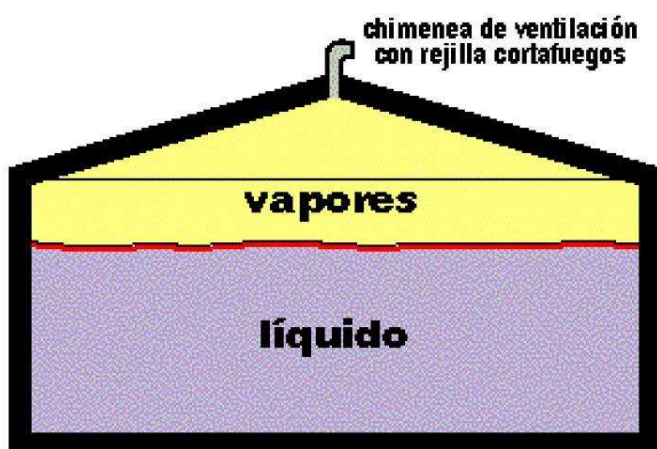


5. TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

A continuación, se describen los tres tipos de tanques que con mayor frecuencia se pueden encontrar en instalaciones de este tipo. La construcción de estos tanques y sus elementos, normalmente se hace basándose en la norma API 650.

5.1. TANQUES DE TECHO FIJO.

Normalmente se trata de un continente simple que dispone de líneas de entrada y salida de producto, tuberías de rebose, venteo superior, bocas de hombre, alguna sonda para temperatura o muestreo de producto, alarma de nivel alto, etc. Básicamente no disponen de más elementos, excepto si existen instalaciones de pci, calorifugado o instalaciones para calentar el producto o moverlo.

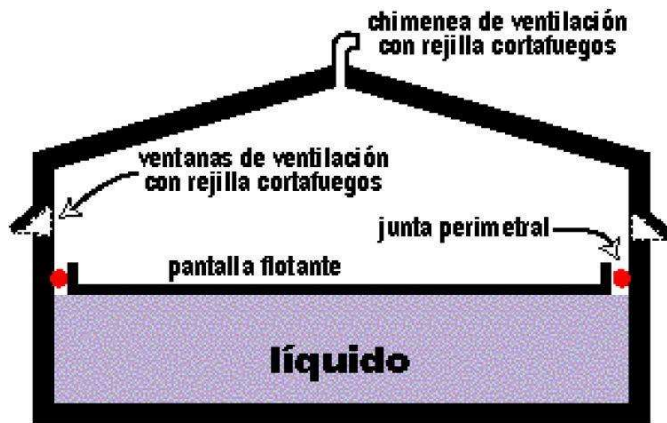


Se suelen utilizar estos tanques para almacenaje de productos poco volátiles. El venteo no suele estar conducido y sirve para aliviar presiones internas, pero a la vez se ha de dimensionar para la entrada de aire suficiente cuando se hace la descarga de producto. El techo del depósito suele tener una soldadura débil con las últimas virolas a modo de sistema de rotura débil en caso de explosión.

5.2. TANQUES DE TECHO FIJO Y PANTALLA FLOTANTE INTERNA.

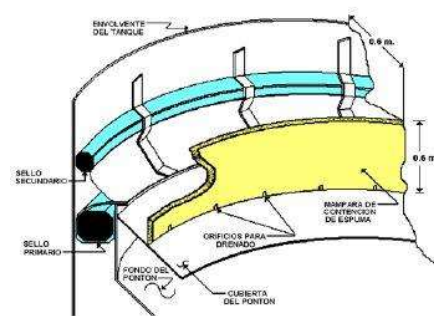
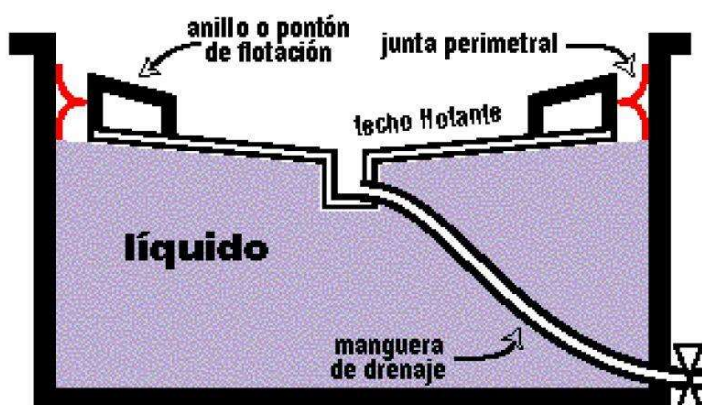
Este tipo de tanques es una evolución de los anteriores, utilizado normalmente para aquellas fracciones del petróleo que son más volátiles ya que se evita un porcentaje muy elevado de las pérdidas por evaporación con este tipo de depósito. Consisten en un depósito de techo fijo, con una pantalla normalmente de aluminio de 1mm aproximadamente que flota sobre la lámina del líquido y se mueve de forma solidaria, por tanto, no deja espacio para los gases. Esta pantalla tiene un encuentro con el tanque mediante unos sellos lo suficiente ajustados para no dejar escapar excesivos gases, pero con la holgura suficiente para que pueda deslizarse cuando se carga o descarga producto. En este momento, tanto la entrada como la salida de aire han de ser

equilibrada por toda el área del techo ya que si no se podría romper o deformar la pantalla. Para ello se dispone de unas “capillas” en todo el perímetro del techo, equidistantes que permiten esta entrada/salida de aire. Estos elementos nos permiten diferenciar desde el exterior los tanques con pantalla flotante de los de techo fijo.



5.3. TANQUES DE TECHO FLOTANTE.

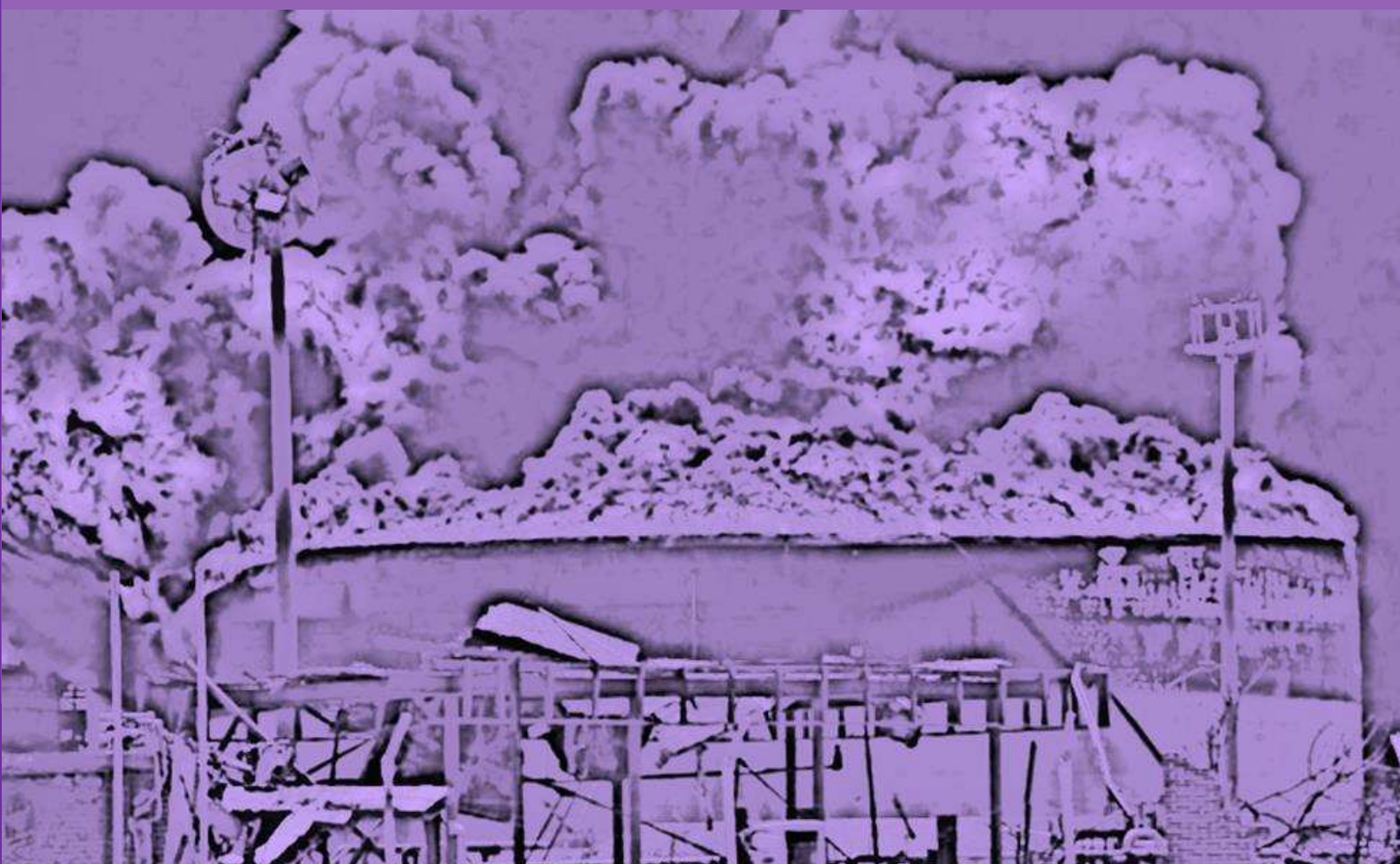
Estos tanques son utilizados normalmente para el almacenaje de petróleo crudo. Solo disponen de un techo que flota mediante unas pontonas en el líquido y se mueve de forma solidaria. El techo, al tener contacto con la intemperie, ha de ser dimensionado para recibir el agua y la nieve, por tanto, ha de contar con un desagüe en el centro. Las juntas de este techo y la superficie interior del tanque son un elemento básico para su buen funcionamiento. Es en esta zona donde se producen la mayoría de los incendios.



Detalle de la junta

6

INSTALACIONES FIJAS Y MÓVILES DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS EN TANQUES E INSTALACIONES ANEXAS.



6. INSTALACIONES FIJAS Y MÓVILES DE PROTECCIÓN ACTIVA CONTRA INCENDIOS EN TANQUES E INSTALACIONES ANEXAS.

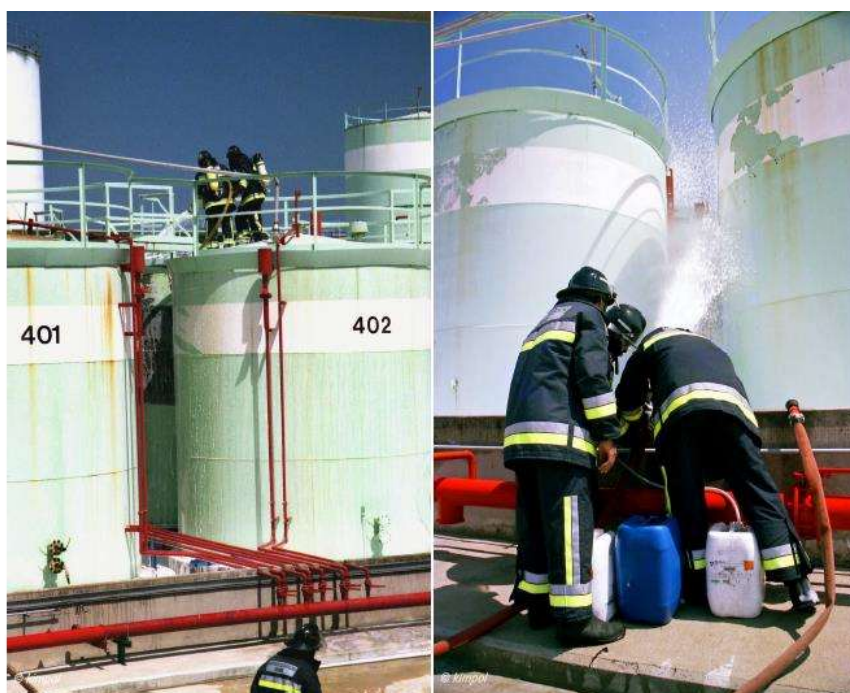
Esta guía no pretende realizar una descripción exhaustiva de las IPC que le corresponderían a una determinada instalación, sino que se hará una descripción general de las tipologías de IPC que nos podemos encontrar, ya que, al ser esta una guía eminentemente operativa, independientemente de las hipótesis de partida que se hiciesen en el diseño del establecimiento, y de la normativa que le fue aplicada, los servicios de bomberos deberán utilizar las instalaciones existentes y que todavía sigan operativas en el momento del accidente.

Como se indicará más adelante, es muy importante dedicar el tiempo suficiente para comprender todos los medios de protección activa y pasiva que están funcionando (o no) y sus perspectivas futuras. Esta tarea se debería hacer conjuntamente con el personal especialista de la planta.

Igualmente, a modo de información adicional, en el Anexo 6 se indican las normativas que son de aplicación y los parámetros que deberían aplicarse para la protección pasiva y activa de depósitos e instalaciones complementarias.

Las instalaciones de protección contra incendios existentes en una planta de almacenamiento de hidrocarburos podrían dividirse según:

- En función de la misión que tienen: Extinción / Refrigeración.
- En función de si es necesario el trabajo complementario de operarios o bomberos: Automáticas / Manuales.



6.1. EXTINCIÓN.

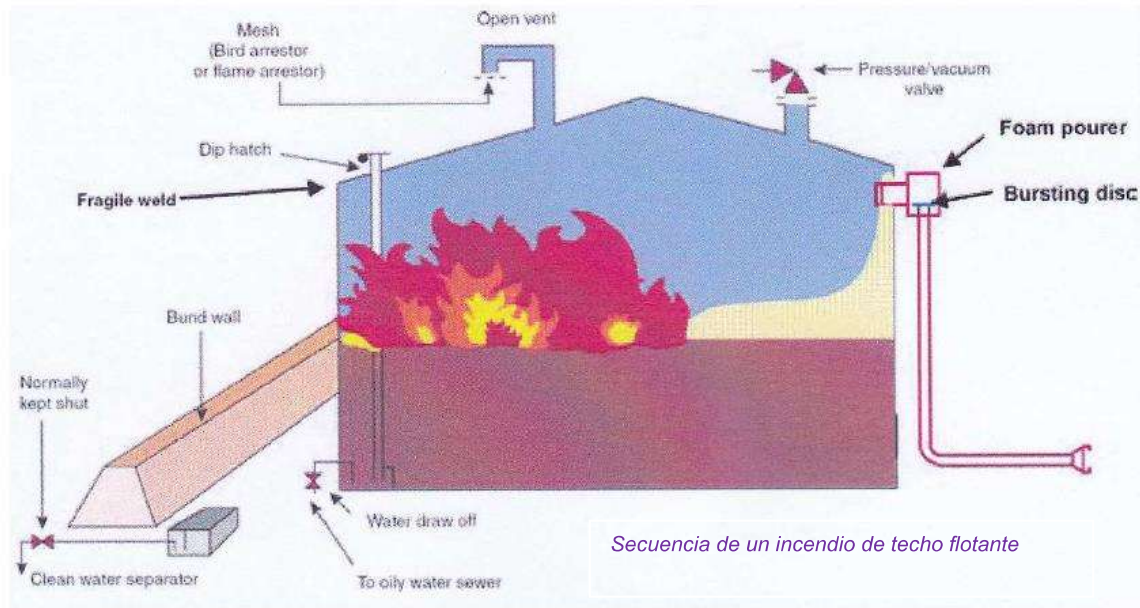
Extinción mediante elementos automáticos en tanques:

La forma de luchar contra un incendio declarado en una superficie de un depósito o de un charco, básicamente pasa por realizar una capa de espuma lo suficientemente consistente y duradera en el tiempo para que extinga el incendio. No es motivo de esta guía explicar el funcionamiento de extinción mediante espumas, pero si destacar aquellos parámetros importantes en su definición:

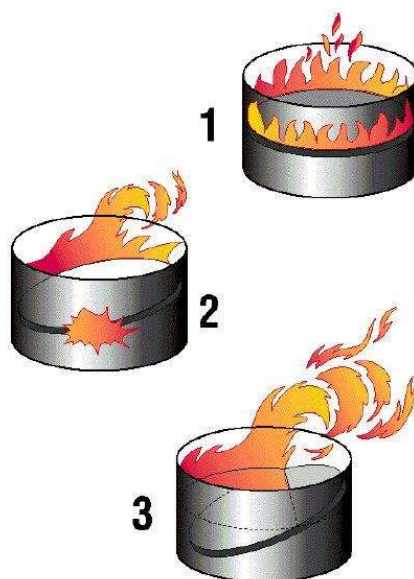
- Realización de una capa que se extienda desde el punto de generación a la máxima distancia posible por encima del incendio. Esto hoy en día se consigue con los productos fluorados, aunque ya están apareciendo productos que sin flúor hacen esta función de forma aceptable.
- La espuma no debe poder disolverse con el combustible, por tanto, si se está haciendo frente a productos polares, deberá utilizarse espumógenos adecuados.
- La espuma deberá contener durante el mayor tiempo posible, la máxima cantidad de agua posible para que refrigere la superficie bajo las llamas.
- Es importante que la espuma no se contamine con pequeñas cantidades de combustible. Esto se consigue lanzando la espuma correctamente.
- Por último, una vez apagado el incendio, es necesario que no se abra la capa de espuma ya que ello implicaría la posterior ignición.

Para lograr la extinción en los depósitos, el método más eficaz es la instalación fija de espuma en la última virola para que mediante unas vertederas o placas pueda hacerse deslizar la capa de espuma por la parte interior de las paredes y de esta forma ocupe toda la superficie o bien el anillo correspondiente.





Esta instalación, que es la más eficaz, no siempre existe. Normalmente se instala en los depósitos con los combustibles más volátiles como gasolinas o bien en depósitos de crudo. **En caso de incendio, es la opción más eficaz y la primera que se tiene que llevar a cabo.** El problema es, que, debido a su exposición a las altas temperaturas o explosiones, es posible que se destruya al cabo del tiempo. No obstante, el diseño es suficientemente simple para que se mantenga operativo durante tiempo. Se trata normalmente de una instalación totalmente automática, aunque en algunos casos requiere algún accionamiento manual de una válvula a nivel de suelo. Si fuese el caso que se ha agotado el espumógeno o se ha estropeado la instalación, es fundamental reponerlo o arreglarlo ya que por mucho que queramos imitarlo con instalaciones externas de bomberos, nunca podremos acercarnos a su eficacia.



Secuencia de un incendio de techo flotante.

Como veremos más adelante, los sistemas de extinción para depósitos de techo fijo y móvil son muy similares pero debido a que en el de techo móvil la espuma tiene que sellar solamente el anillo las especificaciones son diferentes.

En líneas generales, según la normativa, debería haber suficiente agua y espumógeno para que funcione como mínimo durante 20min en caso de extinción de sellos y 60min en caso de extinción de toda la superficie. Las tasas de aplicación oscilan entre los 20 lpm en el primer de los casos y 6 lpm en el segundo.



Ejemplos de deflectores en tanques de techo flotante:

Extinción mediante elementos automáticos o manuales en cubetos o cargaderos:

En el caso que el incendio esté en el cubeto de los depósitos o bien en el foso de bombas o cargadero, la elaboración del manto de espuma en estos casos puede ser automática o manual. Si es automático suele ser mediante vertederas o bien mediante rociadores mixtos de agua/espuma en la zona de cargaderos. En ambos casos, estas instalaciones están diseñadas con stocks suficientes de agua/espuma para que funcionen durante un tiempo determinado, que oscila entre 20-60 min y con una tasa de aplicación que suele rondar los 6 lpm. En el caso de los cubetos se suelen emplear vertederas para media expansión, que son útiles de forma preventiva en caso de derrame.

En el caso de que la extinción de cubetos o fosos se haga de forma manual con instalaciones propias de la empresa, normalmente se hace mediante cañones o hidrantes de agua, a los cuales se les puede conectar unos bidones de espumógeno y por efecto venturi, durante un tiempo, se puede intentar cubrir la superficie.



6.2. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN:

La refrigeración es una acción sumamente importante en el combate de este tipo de siniestros ya que en ocasiones se trata de lo único que se puede hacer para combatir un incendio de estas características. La refrigeración puede ser reactiva o bien preventiva.

En el primer caso, se tratará de proyectar agua sobre el tanque o instalación incendiada, para que de esta forma podamos mantener el máximo tiempo posible las condiciones mecánicas del material que lo contiene y se evite la rotura del tanque o de las estructuras de canalizaciones. El punto de ataque será preferentemente en las zonas donde se sepa que no existe combustible, ya que este no podrá hacer las funciones de refrigeración y el acero alcanzará rápidamente temperaturas críticas. Para saber dónde están las zonas de mayor temperatura o los niveles de líquido en el depósito se pueden utilizar cámaras térmicas.

En segundo lugar, las instalaciones de refrigeración tienen una gran utilidad para reducir el impacto de la radiación sobre los tanques e instalaciones adyacentes a la incendiada. Si no intentamos reducir la temperatura en estas instalaciones, cada vez habrá mayor cantidad de sustancia evaporada y es posible que a medio plazo pueda desencadenarse un efecto dominó.

Al igual que en el caso de la extinción mediante la espuma, pueden existir instalaciones automáticas o manuales.



Las instalaciones automáticas son enormemente eficientes ya que lanzan el agua mediante unos anillos de refrigeración con boquillas abiertas que pulverizan el agua sobre las virolas superiores que conforman la “piel” del depósito. De esta forma el agua no se pierde, sino que se dispone donde más falta hace que es en las zonas superiores, donde es posible que no haya líquido. Los mecanismos de automatización pueden variar, pudiendo existir electroválvulas o bien válvulas manuales de direccionamiento del flujo a un depósito u a otro.

En muchos casos estas instalaciones son manuales y están formadas por hidrantes de agua y monitores fijos. La eficacia de estos sistemas es netamente inferior a las anteriores, ya que se han de colocar lo suficientemente lejos del riesgo para ser operados, y por tanto las presiones para alcanzar el depósito han de ser elevadas. Esto hace que la zona de impacto del agua sea muy reducida y desigual. Al margen de ello, la exposición de los operadores de estas instalaciones es un problema añadido. Pueden existir cañones monitorizados, que evitarían este último problema, pero igualmente la eficacia de la medida en comparación con los anillos de pulverización es ínfima.



En relación con la refrigeración, es importante decir que, aunque muchos depósitos e instalaciones en una planta dispongan de esta medida, no pueden ponerse todos a la vez en funcionamiento, ya que la simultaneidad prevista no es esta. No hay caudal simultáneo suficiente para alimentar todo al mismo tiempo. La normativa de diseño establece que se pueda refrigerar el tanque incendiado más grande con una densidad de aplicación de 15 l/min.m^2 de superficie vertical y refrigerar los situados más cerca (los existentes a 1,5 veces el radio medido desde la pared del incendiado). Para estos últimos la densidad de aplicación es bastante inferior y va de $2\text{-}5 \text{ l/min.m}^2$ en función del tipo de producto y de la tipología de tanque.

Tanto para la extinción como para la refrigeración, es muy importante tener en cuenta los aspectos básicos de fiabilidad y eficiencia. En este sentido hay que evaluarlos con los técnicos de las instalaciones:

Reservas de agua. Se ha de pensar que las necesidades de agua en estos siniestros suelen ser de días, por tanto, estas reservas, si no son fuentes inagotables debe verificarse las reposiciones ya que la normativa no obliga a una reposición de todo el caudal simultáneo.

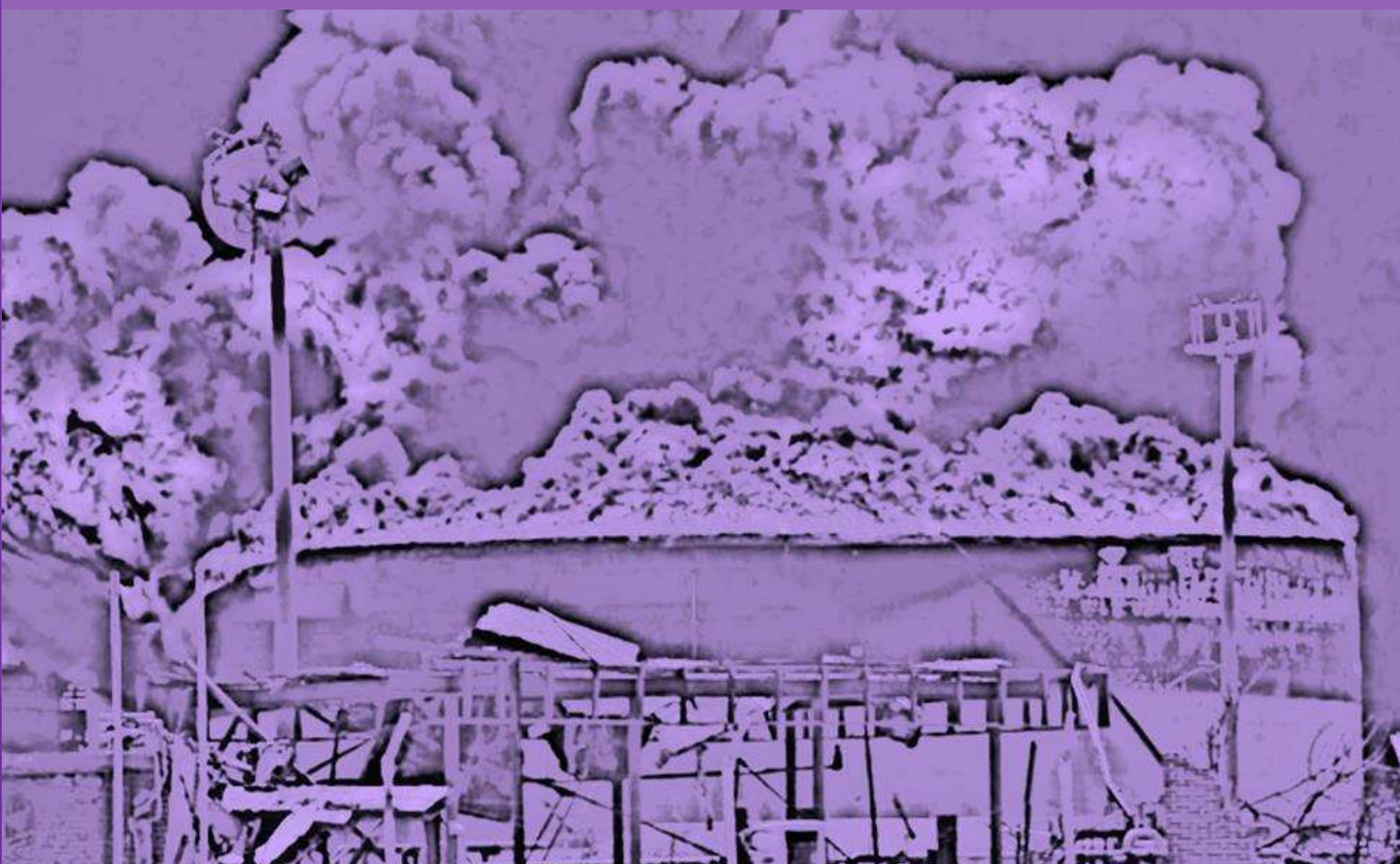
- Caudal simultáneo de la instalación. Este dato nos dará idea de cuantas instalaciones propias de la empresa a la vez podemos utilizar.
- Fiabilidad de la instalación. Hace referencia a las posibilidades de fallo del sistema de bombeo (bombas eléctricas de red, eléctricas de grupo electrógeno

propio o bombas diésel), dificultades en la actuación de instalaciones manuales o posibilidades de fallo de las instalaciones automáticas.



7

HIPÓTESIS ACCIDENTALES Y ESTRATÉGIAS PARA LA EXTINCIÓN EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.



7. HIPÓTESIS ACCIDENTALES Y ESTRATEGIAS PARA LA EXTINCIÓN EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

Los servicios de bomberos, tanto propios como ajenos a la empresa, en este tipo de instalaciones, cuando ya se han demostrado ineficaces o insuficientes las **IPC** propias, deben saber dónde están sus límites y sus capacidades, para dirigir sus estrategias de forma ofensiva o defensiva y para poder gestionar las necesidades de materiales. A continuación, se intentan resumir unas hipótesis accidentales que pueden llegar a suceder y se indican las estrategias a utilizar y las que no deberían realizarse.

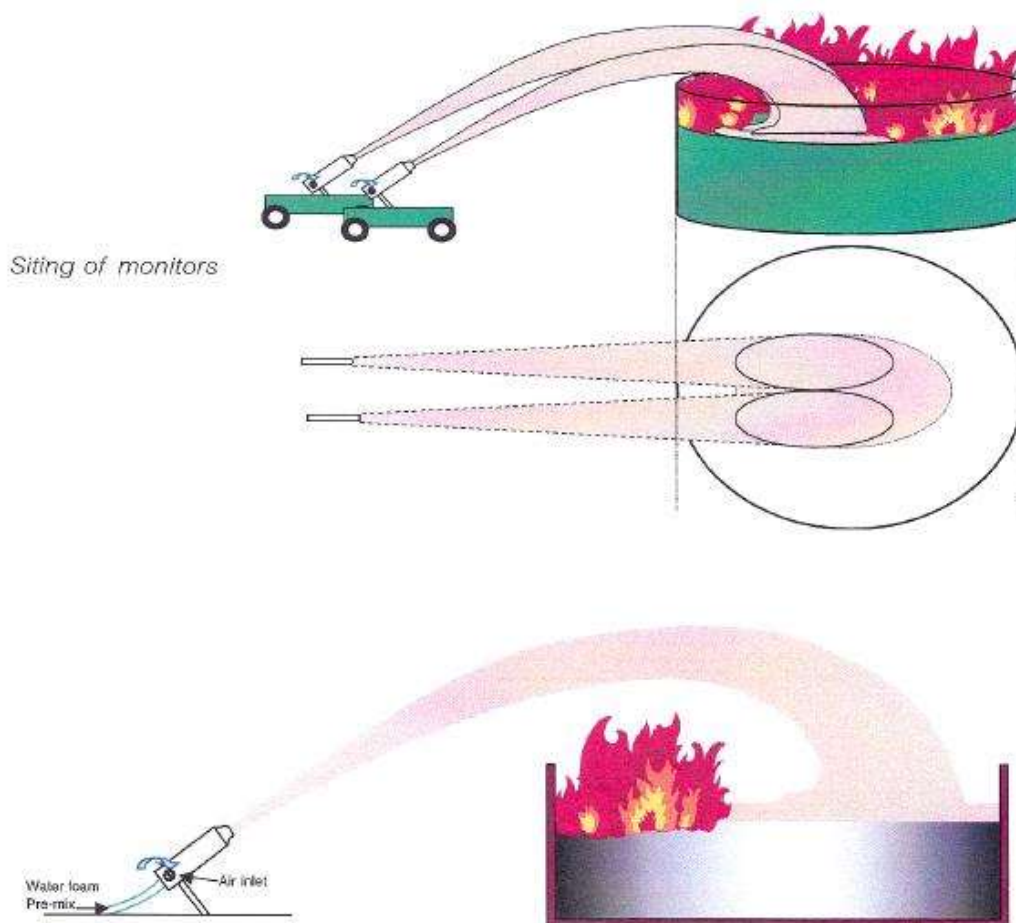


Antes de entrar al detalle de las acciones para cada tipo de depósito, se citan algunos preceptos generales:

Para hacer frente a un incendio de estas características, hay que intentar tener claro varios factores por orden de importancia:

- Obtener datos básicos del escenario: sustancia implicada, volumen, capacidad y tipología del depósito afectado, estado de los depósitos anexos, tipología y estado de las **IPC** propias de la empresa.
- Entender qué está pasando en el interior del depósito o cubeto y saber qué puede pasar si no se actúa o se actúa de forma incorrecta.
- Elección, junto con los responsables de la empresa, de las estrategias más adecuadas. Diseñar las tácticas para llevarlas a cabo.
- Disponer del material fungible necesario (caudal simultáneo y reserva de agua y volumen total de espumógeno). Si no se dispone, diseñar un plan para conseguirlos.

- Disponer de los medios técnicos necesarios para el lanzamiento del caudal simultáneo de espuma necesario.
- Disponer de la habilidad y técnicas necesarias para poner sobre el terreno todo lo anterior.



Es bueno concentrar todos los esfuerzos y lanzar la espuma si es posible rebotando para que la capa creada corra hacia el fuego

- Es posible que no se disponga de todo lo anterior, pero para conseguir los tres primeros puntos solo hace falta conocimiento. Para conseguir las siguientes, puede ser que el servicio público no disponga de todo, pero siendo la autoridad puede utilizar la ayuda de empresas del sector (esto es básico haberlo trabajado antes con pactos de ayuda mutua).
- Nunca empezar una maniobra de extinción si no se tiene el material adecuado para realizar una contención o una extinción total.
- Un incendio es muy poco probable que escale a tanques adyacentes si los niveles de radiación en el tanque expuesto se mantienen por debajo de

8Kw/m². Ver Anexo 4 para prever distancias de radiaciones térmicas en función del tanque incendiado.



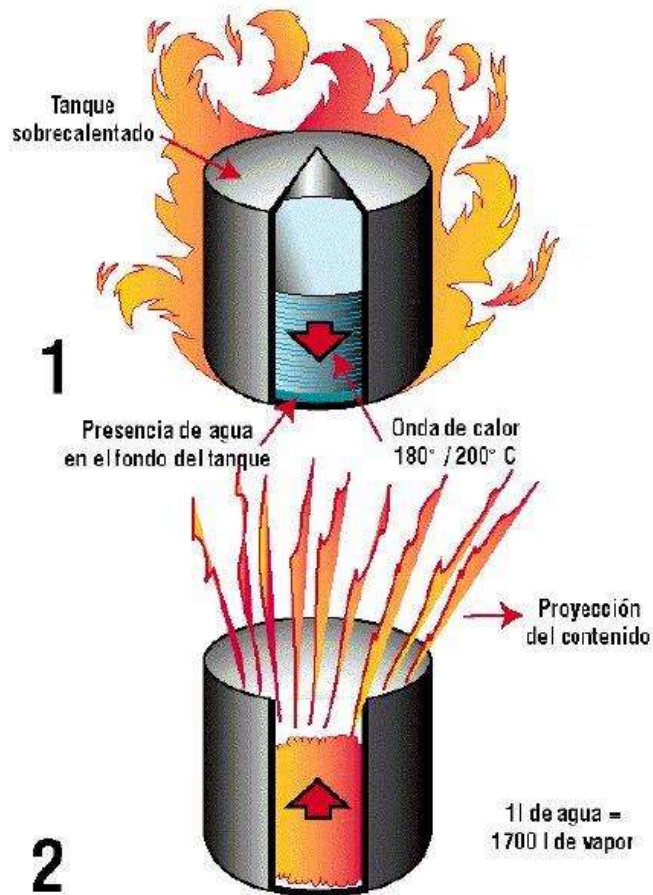
Incendio de un tanque y comienzo de otro contiguo.

- De forma general se establece que los tanques que estén a distancia inferior a 1,5 veces el diámetro de las paredes del incendiado deberían tener refrigeración. Esta distancia aumentará a 2 en caso de estar a favor del viento
- Si no se puede luchar con instalaciones fijas ni móviles, en un tanque ya incendiado, una opción puede ser bombear el producto a un tanque alejado que ya contenga producto y se pueda mezclar. Debe tenerse en cuenta que del tanque destino con el producto caliente, saldrán vapores y estos no deberían incendiarse. También es importante asegurarse que en el nuevo tanque no habrá “sloper” (sobrellenado).
- Si se decide dejar quemar un tanque, es importante tener en cuenta dos cosas: que la deformación del tanque no hará que se descontrolen todo el contenido y pasemos a tener un fuego de cubeto muy peligroso y por otro lado se debe tener en cuenta que conforme se consume el combustible, si tenemos agua en el fondo puede haber un boilover.



Incendio de un tanque y caída del techo

- Para evitar un boilover se puede pensar en hacer salir el agua de abajo del tanque mediante bombeo.



- En general nunca debería utilizarse helicópteros para la extinción de tanques ya que la experiencia siempre ha sido negativa.
- Cuando se realiza la extinción de un tanque con monitores, uno de los problemas existentes se da cuando la espuma es destruida o perdida en el camino hacia la superficie del líquido. Por esta razón cuanto más abajo está el nivel del líquido y más tiempo lleva el tanque quemando, mucho más difícil es apagarlo. Si se trata de productos que no harían boilover (mezclas ligeras), se puede enviar agua por el fondo del tanque para enfriar todo y hacer subir el nivel del combustible. Es muy importante tener controlado el nivel del líquido para que no se derrame.



- En caso de recursos limitados para la refrigeración de tanques anexos, la prioridad será la siguiente:
 1. Tanques con GNL o GLP.
 2. Tanques que contengan productos ligeros.
 3. Tanques pequeños.
 4. Tanques casi vacíos.



Refrigeración esfera GLP cercana a tanque incendiado

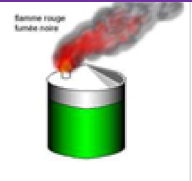
- En caso de necesitar refrigerar un tanque, siempre el agua debe ir dirigida a la parte del mismo que está por encima del nivel del líquido. No obstante, en el caso de los tanques de techo flotante es muy importante que el agua no llegue al techo, ya que el desagüe será insuficiente y hundirá el techo, con el agravamiento del siniestro.



Marca de nivel de fuego en el tanque

- Podemos detectar la zona de proyección de refrigeración en un tanque cercano al siniestrado, viendo la evaporación que produce un chorro de agua sobre sus paredes. En estos casos la cámara térmica también puede hacer esta función.

7.1. *INCENDIO DE UN TANQUE CON TECHO FIJO (objetivo: apagar el incendio y evitar el riesgo de explosión).*

	Incendio en el orificio de respiración con llamas rojas / naranjas con humo negro	
¿Qué pasa dentro?	No hay incendio dentro del tanque ya que la atmosfera está por encima de su rango de inflamabilidad (no hay riesgo de explosión de vapores)	
Lo que se puede hacer		Lo que no hay que hacer
Soplar la llama (extintor de polvo o chorro de agua o de espuma)		Enfriar las paredes del tanque (contracción del líquido). Enviar espuma por dentro. Sacar producto. Todo esto haría entrar aire = riesgo de explosión.

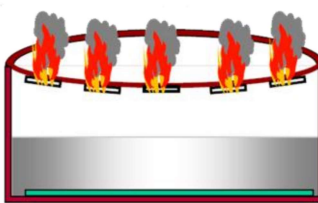
	Incendio en el orificio de respiración con llamas verdes y azules y sin humo	
¿Qué pasa dentro?	No hay incendio dentro del tanque, <u>pero</u> la atmosfera está cerca de su rango de inflamabilidad (hay riesgo de explosión de vapores)	
Lo que se puede hacer		Lo que no hay que hacer
Rellenar el tanque con producto o agua (por debajo). Soplar la llama (extintor de polvo o chorro de agua o de espuma)		Enfriar las paredes del tanque (contracción del líquido). Enviar espuma por dentro. Sacar producto. Todo esto haría entrar aire = riesgo de explosión.

	Humo negro por el orificio de respiración sin llamas.	
¿Qué pasa dentro?	Hay incendio dentro del tanque (no hay riesgo de explosión de vapores)	
Lo que se puede hacer		Lo que no hay que hacer
Enviar espuma por las instalaciones fijas. Enfriar las paredes del tanque (caudal de 10 l/min/m²).		X

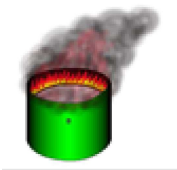
En caso de que el techo no esté en su sitio debido a una explosión (recordar que la norma de diseño obliga a disponer de junta débil en el encuentro entre techo y virola) y esté toda la superficie en llamas, deberá actuarse como se indica más adelante para superficies incendiadas de depósitos, con el agravante que en este caso es posible que el techo parcialmente nos impida el lanzamiento de la espuma.

7.2. INCENDIO DE UN TANQUE DE TECHO FIJO Y PANTALLA FLOTANTE (objetivo: apagar el incendio).

Para las estrategias a aplicar en este caso, se debe seguir las anteriores ya que la pantalla flotante tiene su función de forma preventiva hasta que no hay incendio, una vez producido el incendio, la pantalla flotante, que es de aluminio, se funde rápidamente y debería actuarse de la misma forma que el caso anterior, con el agravante que los restos de la pantalla entorpecerá la extensión de la espuma.

	Ver el caso de antes (techo flotante)
---	--

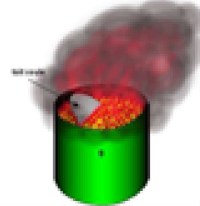
7.3. *INCENDIO DE UN TANQUE CON TECHO FLOTANTE (objetivo: apagar el incendio):*

	Incendio al nivel de la junta entre el techo flotante y la pared del tanque	
Particularidad	Riesgo de hundimiento del techo flotante	
Lo que se puede hacer		Lo que no hay que hacer
Utilizar los medios fijos de extinción.		Utilizar los monitores = riesgo de hundimiento total o parcial del techo flotante y así propagación del incendio a toda la superficie



En el caso de incendios en anillos en los tanques de techo flotante, el mejor ataque es mediante las instalaciones fijas, sin embargo, si estas no están disponibles y el único método es manual, debe subirse con línea de agua para protección y espuma para llenar el dique del anillo, haciéndolo de forma repartida por el perímetro. Si fuese posible, para evitar riesgos es preferible utilizar autoescaleras ya que se trata de una maniobra muy arriesgada por posibles explosiones en los pontones o hundimiento del techo. En estos casos es muy importante verificar que la válvula de desagüe está abierta. Pero en cuanto se hunda el techo, la válvula debería estar cerrada para no inundar el cubeto con producto.



	Incendio parcialmente desarrollado en la superficie	
Particularidad	Obstrucción del techo flotante. Destrucción de los medios fijos de extinción Incendios difíciles de apagar	
Lo que se puede hacer		Lo que no hay que hacer
Ataque exterior directo con monitores Prever un suplemento de volumen de espumógeno para cubrir correctamente las zonas obstruidas		Inyectar espuma por la parte baja del tanque ya que el techo obstruirá la difusión

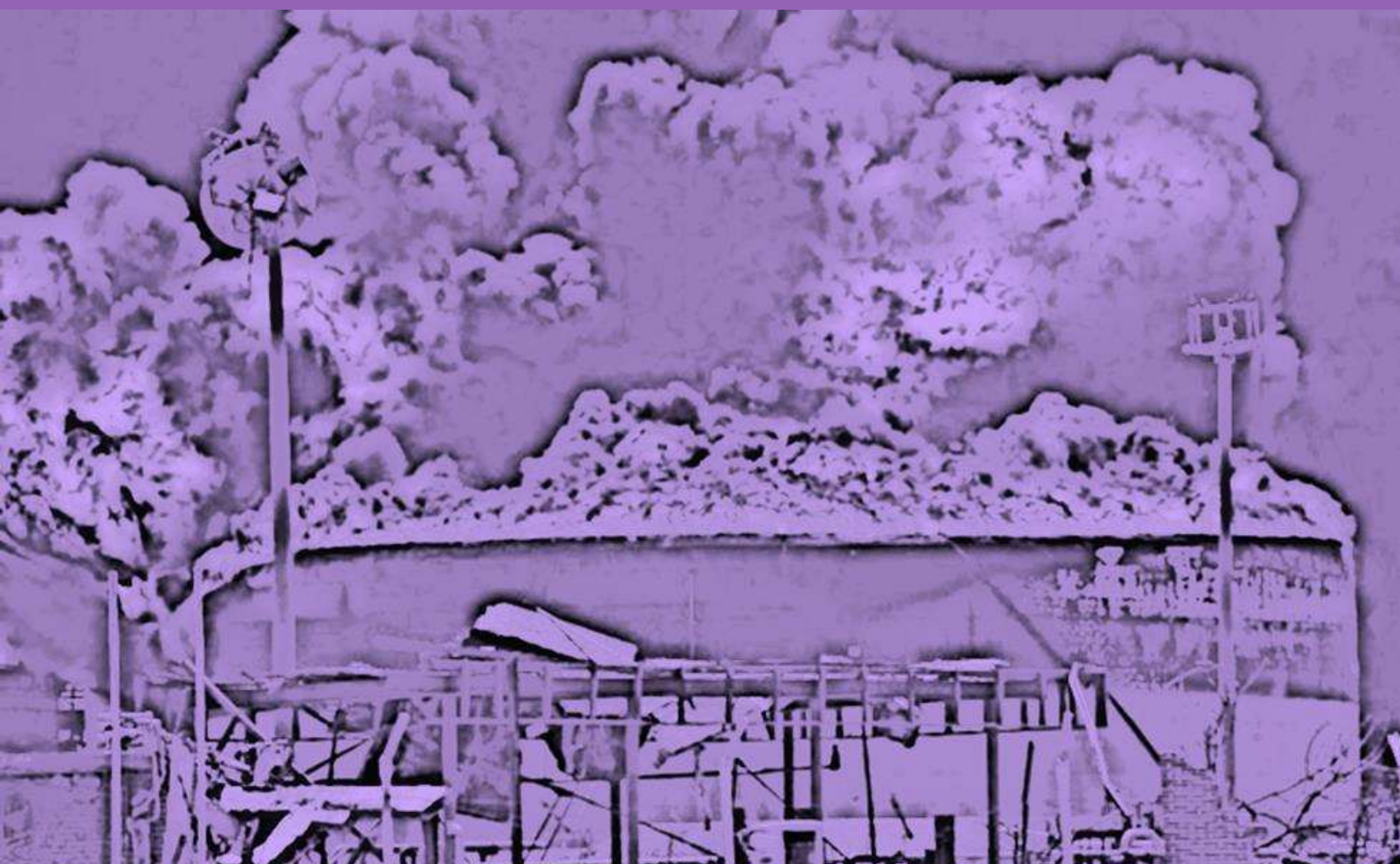
	Incendio totalmente desarrollado en la superficie	
Particularidad	Hundimiento del techo flotante. Destrucción de los medios fijos de extinción	
Lo que se puede hacer		Lo que no hay que hacer
Ataque exterior directo con monitores Enfriar las paredes del tanque (caudal de 10 l/min/m ²). Inyectar espuma por la parte baja del tanque en productos no polares		Si el producto no es miscible con el agua, tiene una viscosidad importante y el incendio dura más de 6 horas puede haber un riesgo de BOILOVER .

7.4. INCENDIO EN CUALQUIER TIPO DE TANQUE

	Incendio totalmente desarrollado en superficie RIESGO DE BOILOVER	
PARTICULARIDAD	Hundimiento del techo flotante Dstrucción de los medios fijos de extinción Posible presencia de agua en el fondo o a otros niveles Arde líquido multicomponente con amplio rango de puntos de ebullición Líquido con viscosidad cinemática mayor o igual al Keroseno	
Lo que se debe hacer		Lo que no hay que hacer
Ataque exterior directo con monitores Enfriar las paredes del tanque (caudal de 10 l/min/m²) Proteger instalaciones adyacentes Establecer una zona caliente mínima de cinco veces el diámetro del tanque incendiado Determinar la altura de la ola caliente: - Determinar el grado de llenado del tanque al inicio del incendio - Conocido el tiempo transcurrido desde el inicio, aplicar una velocidad de descenso de 2.5 m/h		Injectar espuma por la parte baja del tanque Reducir la zona caliente después de haberse producido un boilover. Puede repetirse más de una vez en un mismo tanque.

8

HIPÓTESIS DE INCENDIO Y ESTRATÉGIAS PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN CUBETOS.



8. HIPÓTESIS DE INCENDIO Y ESTRATEGIAS PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS EN CUBETOS.

Preceptos básicos comunes a todos los casos:

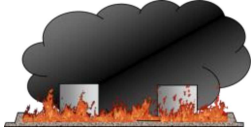
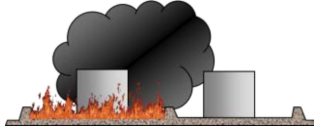
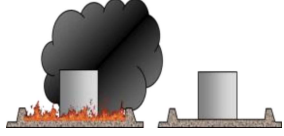
- Nunca empezar una maniobra de extinción si no se tiene el material adecuado para realizar una contención o una extinción total.
- En caso de incendio de cubeto y de tanque de almacenamiento y no poder abordar todas las tareas a la vez; dar prioridad siempre a la extinción en el cubeto y posteriormente hacer frente al fuego del tanque.
- Debido a que las instalaciones de protección activa propias de la instalación están a nivel de suelo, dar prioridad a su funcionamiento. Por tanto, en caso de que estén funcionando, refrigerarlas para que sigan funcionando y en caso de que funcionen, intentar que sigan haciéndolo.
- Si se puede enfriar un tanque que está sobre un cubeto incendiado, mejor utilizar agua con solución espumante para que no rompa la capa de espuma que estamos formando abajo.



- Si se consigue apagar el incendio, tener muy presente que es posible que vuelva a reencender, por tanto, debe mantenerse siempre los medios preparados de forma preventiva.

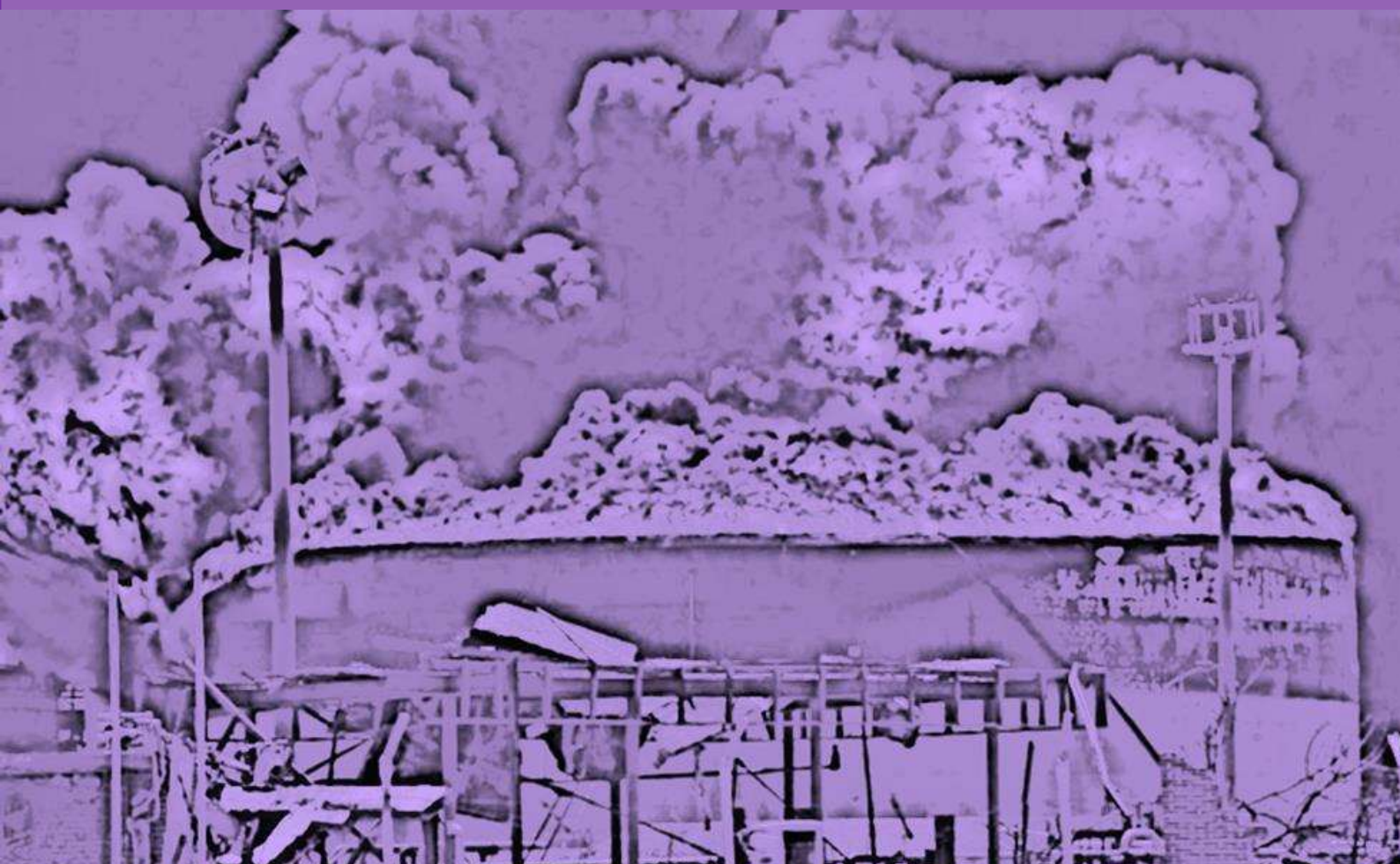
- Para realizar la extinción del incendio en el cubeto deben utilizarse las tasas de aplicación indicadas en el anexo 2 y 3. A continuación se muestra cómo actuar para el enfriamiento de los tanques implicados dentro del cubeto incendiado o bien en los expuestos (le llega una radiación térmica elevada) o los cercanos.



Tipo	Implicado	Expuesto	Cercano
			
Como proceder	Enfriamiento del tanque con solución espumante (mejor que agua). Si hay varios tanques implicados y no hay medios suficientes, se actuará con esta prioridad: 1-Tanque más pequeño 2-Tanque con el nivel de líquido el más bajo 3-Tanque con un techo fijo 4-Tanque con un techo flotante	Capa de espuma de 15 cm de espesor en el cubeto (mantenimiento con caudal a 0.2 l/min/m²). Enfriamiento del tanque con solución espumante (mejor que agua).	Cortina de agua

9

DIMENSIONADO DE LOS SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS A UTILIZAR INDEPENDIENTEMENTE DE LA PROTECCIÓN ACTIVA DE LAS INSTALACIONES, MEDIOS TÉCNICOS Y FUNGIBLES.



9. DIMENSIONADO DE LOS SISTEMAS EXTINCIÓN DE INCENDIOS A UTILIZAR INDEPENDIENTEMENTE DE LA PROTECCIÓN ACTIVA DE LAS INSTALACIONES. MEDIOS TÉCNICO Y FUNGIBLES.

Hasta el momento se han indicado las estrategias de actuación para diferentes tipos de sucesos, pero para llevarlas a cabo, las tácticas utilizadas son complejas. Los servicios públicos no están acostumbrados debido al requerimiento de medios técnicos específicos y una cantidad tan importante de materia fungible como la que se requiere para este tipo de intervenciones.

Para hacer frente a este tipo de incendios, al margen de los medios técnicos adecuados a su dimensión, es necesario tener disponible unas importantes reservas de agua y espumógeno. Para hacer una estimación de estas cantidades es necesario introducir un parámetro denominado **TASA DE APLICACIÓN**.

La tasa de aplicación es la cantidad de espuma por minuto que se ha de proyectar sobre una superficie unitaria de un m^2 de incendio para poder extinguirlo y evitar que se reencienda. Este parámetro es clave para poder dimensionar toda la operación y su variación hacia arriba o hacia abajo hará que se tengan que solicitar más o menos medios.

Para su cálculo se pueden utilizar diferentes sistemas y fuentes. En el Anexo 1 se detalla el proceso de cálculo, así como las diferentes fuentes que han servido de referencia. La conclusión de este Anexo es que para la extinción de un tanque o de un cubeto, deberá utilizarse una **tasa que va de 8 a 10 l/min/m^2** para productos no miscibles en agua, y del doble para productos polares. Si la actuación es rápida, la tasa puede acercarse más al valor inicial de 8. Si por el contrario se tarda en reaccionar, o en aportar los materiales, se debería aplicar el valor de 10.

En los Anexos 2 y 3 se exponen unas tablas, en las que, partiendo de la superficie incendiada ($\varnothing$ tanque o superficie del cubeto) y considerando las tasas de aplicación y los tiempos de operación, nos sugieren:

- Caudal simultaneo de solución espumante.
- Necesidad total de agua.
- Necesidad total de espumógeno

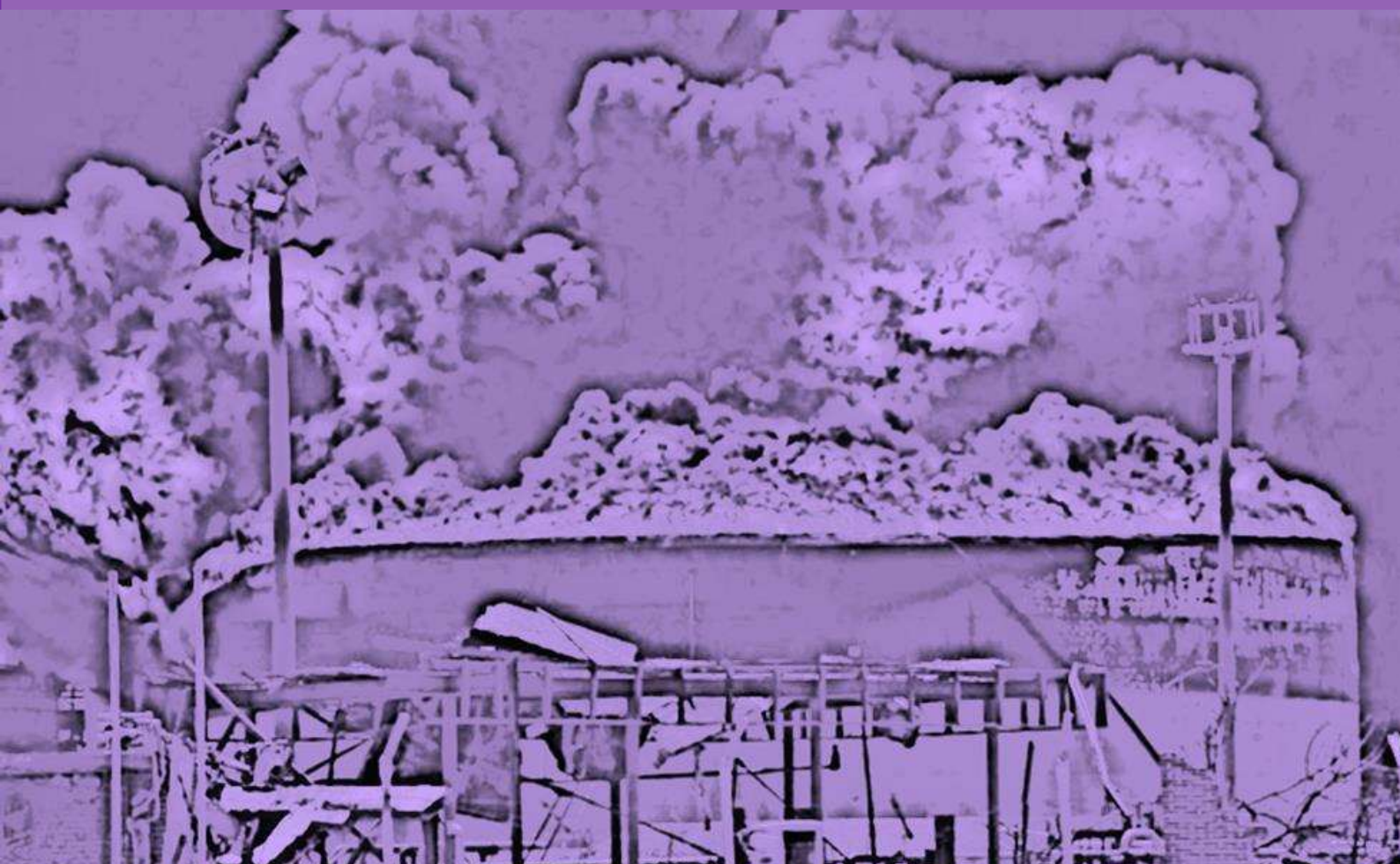
Podría darse el caso que no dispusiésemos de la totalidad de los medios técnicos y fungibles para poder hacer frente a una extinción en condiciones, pero sí disponemos de una cantidad que podría “hacer daño” al incendio sin llegar a extinguirlo. En este caso podría plantearse hacer una “contención” del incendio con el material disponible para intentar robar calor al fuego, y evitar daños mayores al continente del tanque, o evitar que el cubeto radie tanto. No obstante, si se pretende hacer esta contención, es

necesario prever que el material que gastemos para ello no estará disponible para la extinción posterior. También debe tenerse en cuenta que, si lanzamos solución espumante al incendio, parte del agua drenará y se nos irá al fondo, con el riesgo de generar un **BOILOVER** si se trata de incendios de productos pesados.



10

**POSIBLES PROBLEMAS OPERATIVOS
QUE PODEMOS ENCONTRAR EN
INCENDIOS DE TANQUE O CUBETOS.**



10. POSIBLES PROBLEMAS OPERATIVOS QUE PODEMOS ENCONTRAR EN INCENDIOS DE TANQUES O CUBETOS.

Explosiones iniciales.

Principal causa del inicio de los incendios. Pueden destruir los medios fijos de los tanques.



Explosiones durante la actuación.

Si sucede esto, puede tener como consecuencia: posible onda de presión sobre personas o bienes, destrucción de las IPC que puedan estar funcionando, extensión del accidente e impacto psicológico sobre todos los actuantes.

Con un incendio en “boca de pez” debido a la rotura débil del techo, sino funcionan las IPC fijas, difícilmente podremos introducir espuma. En este caso, la estrategia pasa a ser defensiva.

Tiempos largos de llegada de refuerzos especializados para la intervención.

A parte de los problemas propios de la extensión del incendio, cuanto más se tarde en actuar, más difícil será después controlar el incendio debido a las altas temperaturas del contenido y continente del tanque.

Problemas con el abastecimiento de agua.

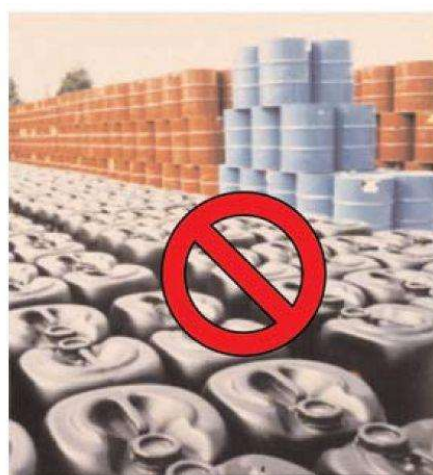


En estas situaciones es posible que haya carencia de agua a causa de: la empresa afectada y las colindantes están utilizando sus propias instalaciones de extinción o refrigeración, y la red pública es incapaz de suministrar estos caudales simultáneos.

Si existe la posibilidad, es muy conveniente explotar las fuentes inagotables como ríos, mar, lagos, etc. Una vez se tiene el potencial de agua suficiente, es necesario tener las infraestructuras para bombear y conducir esta cantidad de agua a las inmediaciones de la empresa.

Problemas de abastecimiento de espumógeno.

Tal y como se puede comprobar en los anexos, para las tasas de aplicación y tiempos de extinción a utilizar, son necesarias importantes cantidades de espumógeno, que en la mayoría de los Servicios de extinción públicos no existen. Además, el stock de este material debería estar disponible en formatos grandes (GRG o cisternas), ya que para aportar grandes caudales es inviable trabajar con garrafas de 20 l, que es lo más habitual en los servicios ordinarios. Si se diese el caso de que se dispone de diferentes tipos de espumógeno, es muy importante no mezclar los productos AFFF-AR con aquellos que se utilizan para fuegos de líquidos no polares. Las espumas si pueden ser mezcladas.



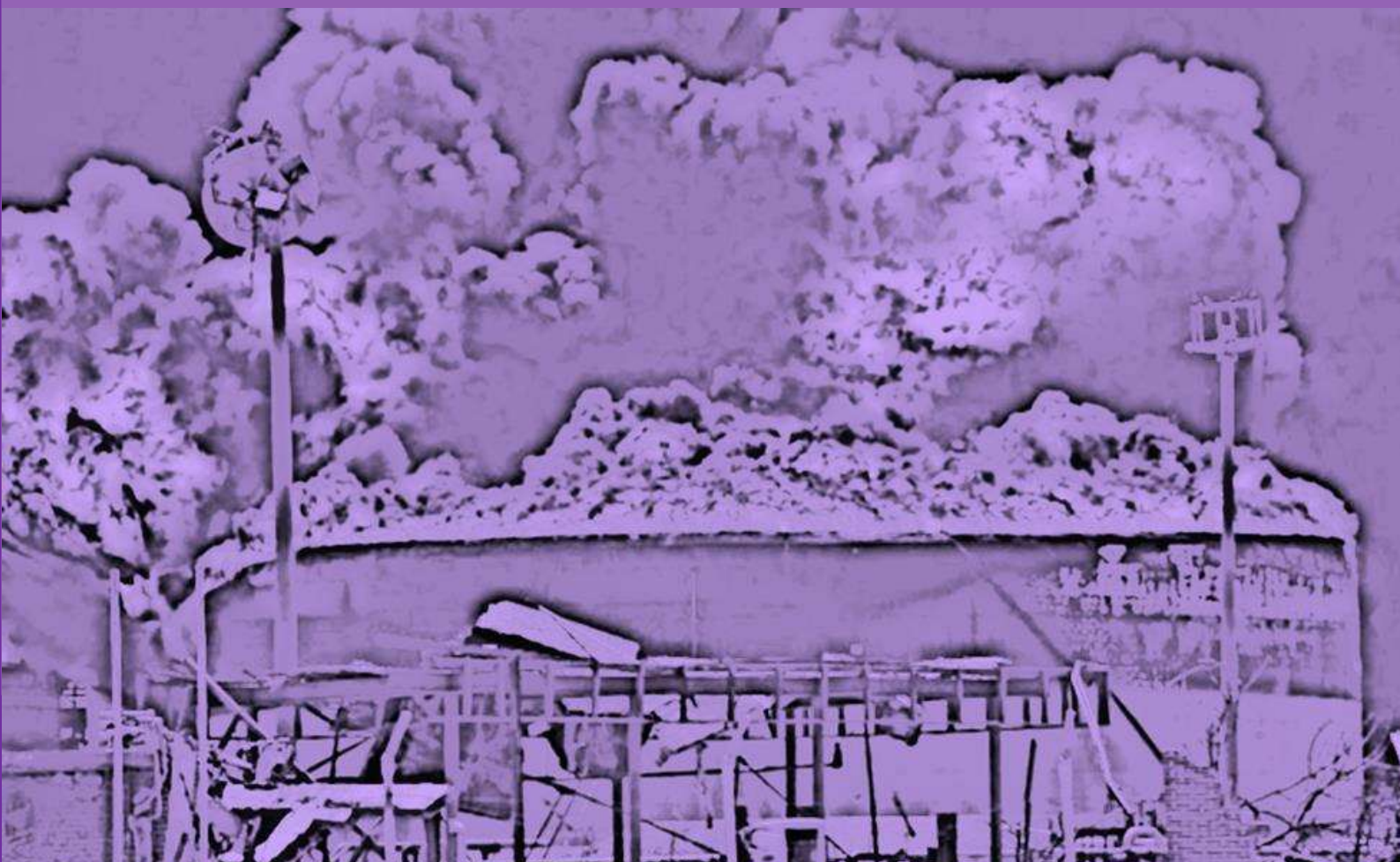
Problemas de presión de agua.

Para apagar un incendio de tanque, el alcance de los monitores ha de llegar como mínimo a la cubierta. Además, no se pueden acercar excesivamente por la radiación térmica o por impedimentos físicos como cubetos. También es necesario tener en cuenta la velocidad y dirección del viento. En algunas ocasiones el alcance es lo que nos obligará a trabajar con lanzas más grandes. Por ejemplo, para llegar a 20 m de altura deberíamos utilizar lanzas de 4000 lpm a 8 bar, como mínimo.

Temperatura en la zona del incendio.

Las temperaturas alcanzadas en muchas ocasiones superan los 700°C, por ello cuanto más se tarde en hacer el ataque más costará que la espuma no se destruya por el camino antes de llegar a la superficie.

ANEXO 1: JUSTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS. TASAS DE APLICACIÓN Y TIEMPOS DE EXTINCIÓN.



ANEXO 1: JUSTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS. TASAS DE APLICACIÓN Y TIEMPOS DE EXTINCIÓN.

TASA DE APLICACIÓN:

La tasa de aplicación es el caudal (l/min) de solución espumante que hemos de proyectar en un m² de un incendio determinado para lograr su extinción y evitar su reencendido. Esta tasa de aplicación deberá mantenerse durante un tiempo determinado para poder considerar que el incendio está extinguido, y no habrá reigniciones.

Por tanto, este concepto es el que aglutina todas las variables que se manejan en un incendio de este tipo; superficie del incendio, tiempo de extinción, caudal de agua, caudal de espumógeno, necesidades de monitores, necesidades de bombeo.

El hecho de disminuir o aumentar la tasa, nos repercutirá de una manera muy directa y proporcional a toda la dimensión del operativo. Por tanto, este valor es controvertido, ya que dependiendo de las fuentes de información puede ser muy diferente. Para llegar al valor que se aporta en este documento **(8-10 l/min/m² para productos no miscibles y el doble para productos miscibles en agua)**, se han tenido en cuenta diferentes fuentes:

- **Fabricante del espumógeno:** El fabricante está obligado a dar la tasa de aplicación para un fuego tipo de un ensayo determinado. En este ensayo, no se mide la pérdida de espuma en el trayecto, no existen tiempos de espera muy dilatados desde que se inicia el incendio hasta que empieza la extinción, etc. Por tanto, esta tasa sirve para comparar eficacias entre espumógenos, pero para el caso concreto de grandes incendios de hidrocarburos, las tasas facilitadas son limitadas. No obstante, hay ensayos bajo normativas propias de la Asociación Lastfire que intentan aproximarse a las condiciones reales de un fuego de tanque de techo flotante.
- **Normativa:** La norma de referencia es la UNE EN 13565-2 sobre sistemas fijos de lucha contra incendios. Tal y como indica su nombre, trata del diseño de instalaciones fijas y las tasas de aplicación indicadas para ello. Son sistemas hechos a medida para que lancen la espuma en el sitio adecuado y de forma rápida. En esta norma la tasa a aplicar para cada escenario depende de diferentes factores: tipo de combustible, tipo de espumógeno utilizado, tipo de tanque y superficie del incendio. Este valor es muy útil para diseñar plantas de almacenamiento, pero no extrapolable para aplicar en servicios de bomberos.
- **Normativa interna de empresas petroleras:** Estos datos están en la línea de los indicados en esta guía operativa. Como norma general, se podría considerar que las tasas de aplicación para instalaciones de los servicios

de bomberos que actúan con medios móviles cuando el incendio lleva un tiempo quemando, debería incrementarse aproximadamente un 60% más de las tasas de aplicación requeridas para los medios fijos.

- **Análisis post siniestro:** Diversas fuentes citan datos sobre las tasas de aplicación que han sido necesarias para la extinción de un tanque o un cubeto. Estos son datos reales que incluyen en el valor todos los factores intervinientes. Por tanto, dentro de la poca estadística existente, son unos datos a tener muy en cuenta. Siempre suelen estar en torno a los 8-20 l/min/m².

El hecho de lanzar la espuma a los depósitos implica pérdida de eficacia debido a la altura, viento, fenómenos convectivos, temperatura de la zona a causa de la chapa, obstáculos como el techo, etc.

TIEMPO DE EXTINCIÓN:

Para poder dimensionar el operativo, el otro factor que nos hace falta es el tiempo durante el cual vamos a tener que aplicar un caudal simultáneo determinado en cada m² del incendio.

Los tiempos de operación indicados son parecidos a los marcados en las normativas para instalaciones fijas. A continuación, se aporta un resumen.

Tanques de almacenamiento de líquidos inflamables <i>(miscible o no con el agua)</i>	
	Tiempos de operación de lucha contra los incendios de hidrocarburos con monitores y espuma de baja expansión
<i>¿Diámetro del tanque?</i>	<i>Tiempo de lucha</i>
Diámetro inferior a 45 m (S<1590 m ²)	60 minutos
Diámetro superior a 45 m (S>1590 m ²)	90 minutos

Área de contención o cubeto o derrame o dique de líquidos inflamables <i>(miscible o no con el agua)</i>		
		Tiempos de operación de lucha contra los incendios de hidrocarburos con monitores y espuma de baja expansión
¿ <i>Profundidad</i> de líquido inflamable?		<i>Tiempo de lucha</i>
Inferior a 2.5 cm	Sin condición de superficie	30 minutos
Superior a 2.5 cm	Superficie inferior a 400 m ²	30 minutos
	400 m ² < Superficie < 2000 m ²	45 minutos
	Superficie superior a 2000 m ²	60 minutos

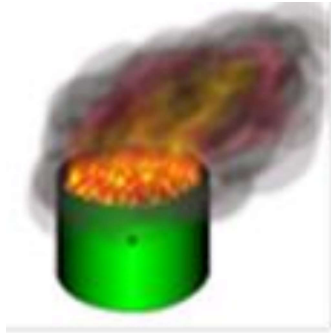
Nota:

Datos sobre la extinción de fuegos en charcos con superficies inferiores a 400m² y espesores pequeños. Estos incendios se aproximan más a los ensayos que hacen los fabricantes de espumógeno y por tanto los volúmenes de agua y espumógeno requeridos serían inferiores a los de cubeto. Las tasas de aplicación que se pueden utilizar serían aproximadamente 4 y 6 l/min/m² para hidrocarburos y líquidos polares respectivamente. El tiempo de extinción podría considerarse de aproximadamente 20 min.

ANEXO 2: CUADROS DE NECESIDADES DE ESPUMÓGENOS, AGUA, MONITORES Y BOMBAS PARA INCENDIOS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.



ANEXO 2: CUADROS DE NECESIDADES DE ESPUMÓGENO, AGUA, MONITORES Y BOMBAS PARA INCENDIOS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.



Los datos aportados en este Anexo han sido obtenidos a partir de las tasas de aplicación y tiempos calculados conforme al Anexo 1.

La tasa de aplicación para líquidos hidrófugos o líquidos polares presenta dos valores en función de si se ataca el incendio en la fase inicial o bien se tardan horas en realizar el primer ataque. Por tanto, para líquidos hidrófugos se utilizará 8 ó 10 l/min/m² y para líquidos polares, la tasa será de 15 ó 20 l/min/m².

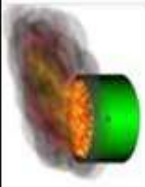
Los tiempos de extinción para estas tasas van incrementando en función de los diámetros de los tanques:

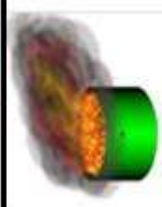
Diámetros inferiores a 45 m: 60 min.

Diámetros entre 50 -80 m: 90 min.

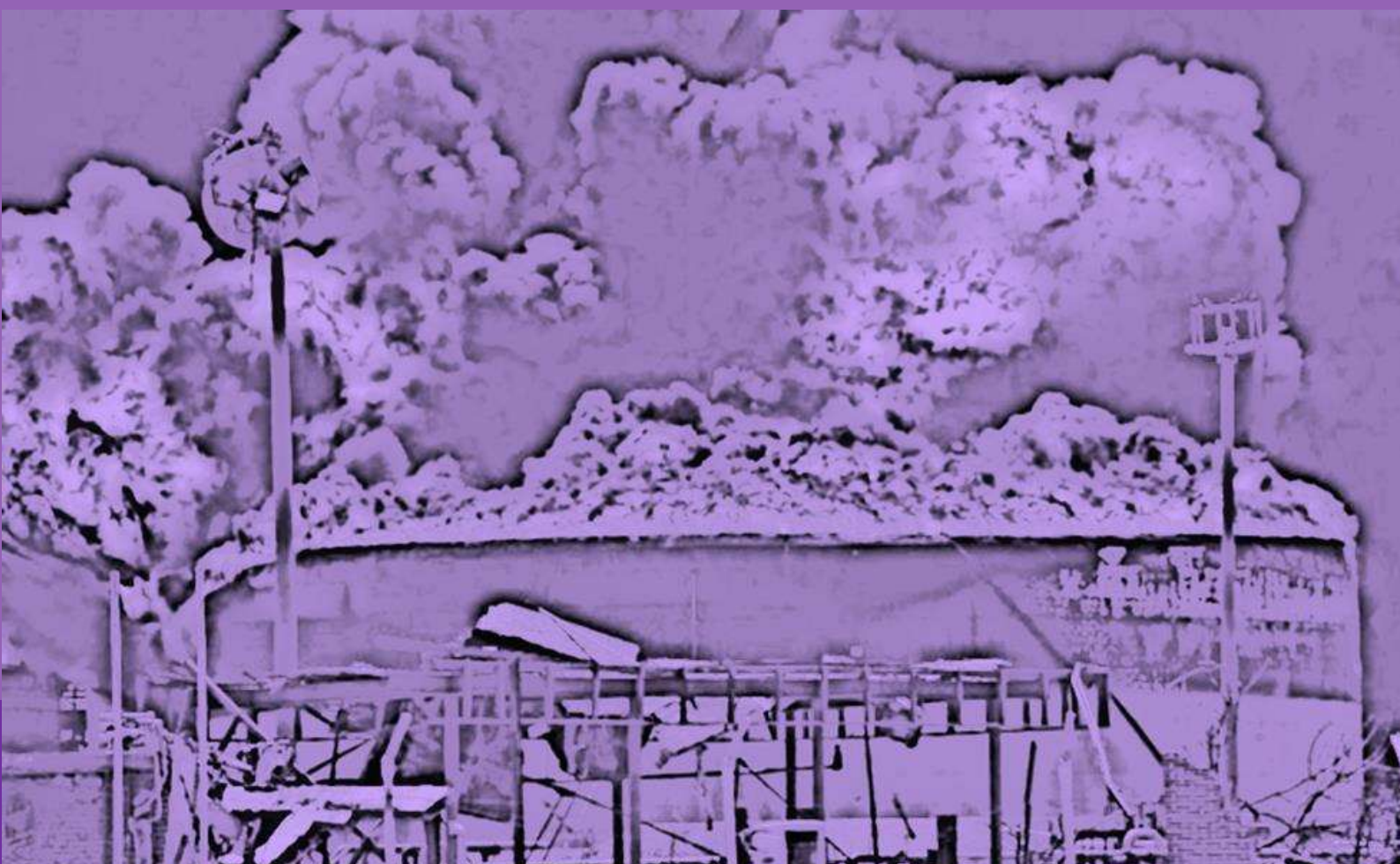
60 minutos



	Incendio de tanque de diámetro inferior a 45 m (Superficie < 1590 m²)																
Tiempo de lucha (min)		60 minutos															
Diámetro del tanque		36 m				38 m				40 m				45 m			
Superficie ardiendo (m²)		1017 m²				1134 m²				1256 m²				1590 m²			
Tipo de producto		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua	
Tasa de aplicación (l/min/m²)		8		10		15		20		8		10		15		20	
Caudal solución espumante (l/min)		8136		10170		15255		20340		9072		11340		17010		22680	
N° monitores		4		6		8		11		5		6		9		11	
Caudal: 2000 l/min		4		6		8		11		5		6		9		11	
N° Bombas		4		6		8		11		5		6		9		11	
Caudal: 2000 l/min - 15 bar		4		6		8		11		5		6		9		11	
Volumen espumogeno en m³ si sus CC es de		1%		3%		6%		Volumen total (m³)		Caudal (m³/h)		Agua		1908		1908	
		4,8		6,1		14,6		18,3		29,3		488,1		610,2		915,2	
						27,5		36,6		32,7		544,3		732,4		1220,4	
						54,9		73,2		40,8		680,4		915,2		1220,4	
						91,2		122,4		61,2		1020,5		1360,8		1807,2	
						152,5		203,4		102,1		1681		2268,0		3107,2	
						241,0		321,6		163,4		2688,0		3616,8		4907,2	
						399,0		532,0		268,8		4392,0		5856,0		7807,2	
						618,0		816,0		403,2		6604,8		8806,4		11707,2	
						927,0		1236,0		604,8		10070,4		13425,6		18038,4	
						1390,5		1854,0		907,2		14913,6		19884,8		26712,0	
						2085,8		2774,4		1360,8		22368,0		29824,0		40032,0	
						3128,7		4171,2		2041,2		33984,0		45312,0		60416,0	
						4693,1		6257,6		3061,6		51376,0		68502,4		91344,0	
						7039,7		9386,4		4592,4		77488,0		103324,8		137760,0	
						10559,6		14079,2		6888,0		114288,0		152384,0		203184,0	
						15839,4		21118,8		10332,0		171432,0		228576,0		307424,0	
						23759,1		31691,2		15498,0		257148,0		342864,0		457136,0	
						35638,7		47518,4		23247,2		390720,0		514368,0		685824,0	
						53458,1		71278,4		34870,8		578016,0		767328,0		1023232,0	
						80187,2		106915,2		52296,0		877024,0		1169344,0		1558848,0	
						120280,8		159712,8		78444,0		1315536,0		1754016,0		2338752,0	
						180421,2		239619,2		117666,0		2073312,0		2764320,0		3673120,0	
						270631,8		359428,8		176499,0		3109968,0		4146480,0		5519680,0	
						405947,7		541243,2		264748,5		4664952,0		6219720,0		8279520,0	
						608921,6		811864,8		397122,8		6997424,0		9328576,0		12439232,0	
						913382,4		1217797,2		595684,2		10496136,0		13994368,0		18628848,0	
						1370073,6		1827695,8		893526,4		15744204,0		21016544,0		28021272,0	
						2055110,4		2741543,6		1340289,6		23616306,0		31489824,0		41986904,0	
						3082665,6		4112315,4		2010434,4		35424458,0		47234736,0		62612856,0	
						4623998,4		6153473,2		2995651,2		52836686,0		70452104,0		93269284,0	
						6935997,6		9230209,8		4493476,8		80755029,0		107678156,0		143573928,0	
						10403996,4		13869314,7		6740215,2		121132543,0		161517234,0		215360892,0	
						15605994,6		20798972,1		10110322,8		181698814,0		242275851,0		323041336,0	
						23408991,9		31147958,2		15165484,2		272548221,0		363413776,0		484547004,0	
						35113487,8		46721937,3		22748226,4		418822331,0		558120664,0		744820504,0	
						52670231,7		70223905,9		34071339,2		612733496,0		816780992,0		1089049504,0	
						79005347,6		105335858,8		51107008,8		919100244,0		1225466464,0		1633949256,0	
						118508021,4		157673788,2		76660513,2		1378650366,0		1838139696,0		2451073884,0	
						177762032,1		237010182,3		114990770,0		2067975549,0		2757209664,0		3676010816,0	
						266643048,2		355515273,4		172486155,0		3061963323,0		4082659392,0		5443526464,0	
						400064572,3		533419910,1		258729232,5		4642945085,0		6190549184,0		8254065776,0	
						599596858,4		799427870,2		388043848,8		6862317627,0		9150080256,0		12196640128,0	
						899395287,6		1198841805,4		582065773,2		10293476441,0		13725120384,0		18264960192,0	
						1349092931,4		1798722708,2		873098660,0		15440214661,0		20586880576,0		27449174272,0	
						2023639397,1		2701584062,3		1309647990,0		23160321992,0		30880442624,0		41174176896,0	
						3035459095,7		4047276093,9		1964471985,0		35240482983,0		47017270464,0		62356360128,0	
						4553188643,6		6070917440,9		2946707977,5		52860724474,0		70480900736,0		93974534528,0	
						6829782965,4		9104876161,4		4420061966,3		79291086711,0		105721314304,0		141295085824,0	
						10244674448,1		13659565942,1		6630092949,5		119436629067,0		159248439040,0		212332582400,0	
						15367011672,2		20189348913,2		9945139424,3		184154943601,0		245539923200,0		327388830720,0	
						23050517508,3		30734022869,8		14917709136,5		276232415402,0		368309884800,0		491080112000,0	
						34575776262,5		46101034294,7		22376563704,3		414348623103,0		552466444800,0		736621923840,0	
						51863664393,8		69121551442,0		33554845446,5		614522934655,0		819369667200,0		1092802880000,0	
						77795496589,7		103727327163,0		50332268169,8		921784396983,0		1229054880000,0		1638723840000,0	
						116693244883,6		155591058744,5		75498402254,7		1392676595475,0		1856903168000,0		2475870720000,0	
						175039867325,4		233386588116,8		113247603382,1		2139014893213,0		2851870720000,0		3802454400000,0	
						262559750988,2		350079882175,2		169871405073,2		3204022339820,0		4272106240000,0		5729475072000,0	
						393839626482,3		525119823262,8		254807107610,0		4806033509730,0		6341475072000,0		8455300000000,0	
						590759439723,4		787679734894,2		382210661415,0		7208850264595,0		9545312000000,0		12727104000000,0	
						886139257585,1		1181519572341,4		573315992122,5		10813275396890,0		14416960000000,0		19222400000000,0	
						1329208886377,7		1772279408012,1		859973988183,8		16219913095335,0		21626624000000,0		28835488000000,0	
						2003813329566,6		2671914112018,2		1289960982275,7		24329869643003,0		32439776000000,0		43253000000000,0	
						2995719994349,9		4000871168027,3		1934941473413,6		36494804464505,0		48659712000000,0		64879616000000,0	
						4493579991524,9		5991806752041,0		2902412210120,4		54742206696758,0		72989568000000,0		97319424000000,0	
						6740369987287,4		8987710128061,5		4353618315180,6		82083310045127,0		109444800000000,0		145926400000000,0	
						10110554980931,1		13480865192092,3		6530427472770,9		124624965067691,0		166173120000000,0		221560960000000,0	
						15165832471396,7		20221112788138,4		9795641209156,4		186937447601537,0		249227520000000,0		332303360000000,0	
						22748748707095,1		30331669180207,6		14693461813734,6		280406171402306,0		373875200000000,0		498463680000000,0	
						34123123060642,7		45500503770311,4		22040192720602,0		420764257103459,0		561016960000000,0		748022560000000,0	
						51184684590964,1		68240755655467,1		33060289070883,0		631208385605173,0		841614400000000,0		1122152320000000,0	
						76777026886446,2		102369133483199,7		49590433606324,5		951816578407760,0		1269152000000000,0		1692202720000000,0	
						115165540329669,3		153554053974799,6		74385650409487,0		1427724867611640,0		1903536000000000,0		2538048000000000,0	
						172748310494504,0		230331080962199,4		111578475614230,5		2141587301417460,0		2855448000000000,0		3807264000000000,0	
						259122465741756,0		345496771443299,1		167367713421346,0		3212380952126180,0		4283196800000000,0		5710928000000000,0	
						388683698612634,0		518244857164899,2		251051570132019,0		4824571428239360,0		6432960000000000,0		8577280000000000,0	
						583025497918951,0		777387323747299,0		376577355198028,5		7236857142857143,0		9649120000000000,0		12865472000000000,0	
						874538246878427,0		1166051061910899,0		564866032797043,0		10955285714285714,0		14606720000000000,0		19475628800000000,0	
						1311807370317641,0		1755576592866349,0		847299049195565,0		16432928571428571,0		21911232000000000,0		29281644800000000,0	
						1967711055476462,0		2624364889299524,0		1270948573793347,5		24649392857142857,0		32865280000000000,0		43753712000000000,0	
						2951566583214693,0											

	Incendio de tanque de diámetro superior a 45 m (Superficie > 1590 m ²)																
90 minutos																	
Tiempo de lucha (min)		50 m				60 m				70 m				80 m			
Diámetro del tanque		1963 m ²				2826 m ²				3847 m ²				5024 m ²			
Superficie ardiendo (m ²)		1963 m ²				2826 m ²				3847 m ²				5024 m ²			
Tipo de producto		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua	
Tasa de aplicación (l/min/m ²)		8	10	15	20	8	10	15	20	8	10	15	20	8	10	15	20
Caudal solución espumante (l/min)		15704	19630	29445	39260	22608	28260	42390	56520	30776	38470	57705	76940	40182	50240	75360	100480
N° monitores		8	10	15	20	12	15	22	29	16	19	29	38	21	26	38	51
Caudal: 2000 l/min		8	10	15	20	12	15	22	29	16	19	29	38	21	26	38	51
N° Bombas		8	10	15	20	12	15	22	29	16	19	29	38	21	26	38	51
2000 l/min - 15 bar		8	10	15	20	12	15	22	29	16	19	29	38	21	26	38	51
Volumen espumado en m ³ si su CC es de	1%	14,1	17,6			20,3	25,4			27,7	34,6			36,1	45,2		
	3%	42,4	53	79,5	106	61	76,3	114,5	152,6	83,1	103,9	155,8	207,7	108,5	135,6	203,5	271,3
	6%	84,8	106	159	212	122,1	152,6	228,9	305,2	166,2	207,7	311,6	415,5	217	271,3	406,9	542,6
Agua	Volumen total (m ³)	1413,3	1766,6	2649,9	3533,3	2037,4	2543,3	3814,9	5086,6	2763,8	3462,2	5193,1	6924,4	3617,2	4521,5	6782	9042,9
	Caudal (m ³ /H)	942	1178	1767	2356	1356	1696	2543	3391	1847	2308	3462	4616	2412	3017	4522	6029

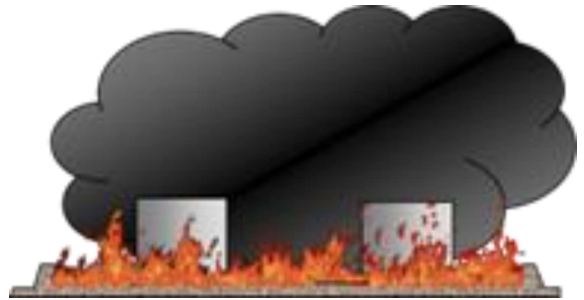
ANEXO 3: CUADROS DE NECESIDADES DE ESPUMÓGENOS, AGUA, MONITORES Y BOMBAS PARA INCENDIOS EN CUBETOS O CHARCOS



ANEXO 3: CUADROS DE NECESIDADES DE ESPUMÓGENOS, AGUA, MONITORES Y BOMBAS PARA INCENDIOS EN CUBETOS O CHARCOS.

Los datos aportados en este Anexo han sido obtenidos a partir de las tasas de aplicación y tiempos conforme al Anexo 1.

Se consideran valores para superficies de cubetos o charcos. Desde 100 hasta 2000m².



Estos cálculos son aplicables a incendios en cubetos con una altura de combustible superior a 2,5 cm. En caso de que el espesor del charco sea inferior, como podría ser un derrame fuera de cubeto, si la extensión es inferior a 400m², se pueden utilizar tasas de aplicación y tiempos de extinción inferiores a los explicados en el proceso del Anexo 1. Se da una aproximación al final de las tablas de cubetos

		Incendio de cubeto o sub-cubeto de superficie inferior a 400 m²							
		Tiempo de lucha 30 minutos							
Superficie ardiendo (m²)		100 m²				200 m²			
Tipo de producto		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua	
Tasa de aplicación (l/min/m²)		8	10	15	20	8	10	15	20
Caudal solución espumante (l/min)		800	1000	1500	2000	1600	2000	3000	4000
Nº monitores Caudal : 2000 l/min		1	1	1	1	1	1	2	2
Nº Bombas 2000 l/min – 15 bar		1	1	1	1	1	1	2	2
Volumen espumogeno en m³ si su CC es de	1%	0,23	0,3			0,96	1,2		
	3%	0,7	0,9	1,4	1,8	2,9	3,6	5,4	7,2
	6%	1,4	1,8	2,7	3,6	5,8	7,2	10,8	14,4
Agua	Volumen total (m ³)	24	30	45	60	96	120	180	240
	Caudal (m ³ /H)	48	60	90	120	96	120	180	240

		Incendio de cubeto o sub-cubeto de superficie inferior a 400 m²							
		Tiempo de extinción 30 minutos							
Superficie ardiendo (m²)		300 m²				400 m²			
Tipo de producto		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua	
Tasa de aplicación (l/min/m²)		8	10	15	20	8	10	15	20
Caudal solución espumante (l/min)		2400	3000	4500	6000	3200	4000	6000	8000
Nº monitores Caudal : 2000 l/min		2	2	3	3	2	2	3	4
Nº Bombas 2000 l/min – 15 bar		2	2	3	3	2	2	3	4
Volumen espumogeno en m³ si su CC es de	1%	0,73	0,9			0,96	1,2		
	3%	2,2	2,7	4,1	5,4	2,9	3,6	5,4	7,2
	6%	4,3	5,4	8,1	10,8	5,8	7,2	10,8	14,4
Agua	Volumen total (m ³)	72	90	135	180	96	120	180	240
	Caudal (m ³ /H)	144	180	270	360	192	240	360	480

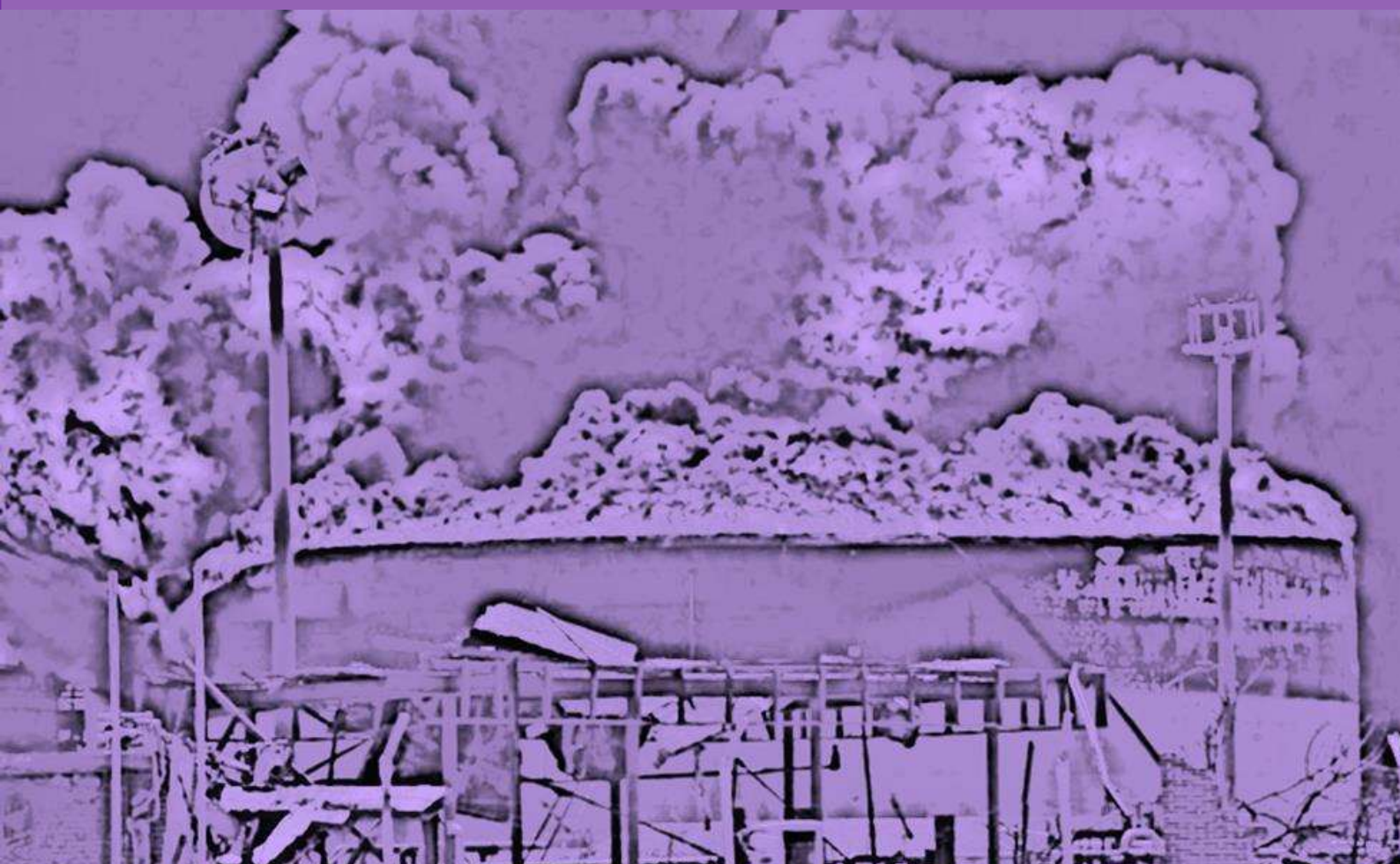
Incendio de cubeto o sub-cubeto entre 500-1000m ²									
Tiempo de lucha 45 minutos									
Superficie ardiendo (m ²)	500 m ²				1000 m ²				
Tipo de producto	No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		
Tasa de aplicación (l/min/m ²)	8	10	15	20	8	10	15	20	
Caudal solución espumante (l/min)	4000	5000	7500	10000	8000	10000	15000	20000	
Nº monitores	2	3	4	5	4	5	8	10	
Caudal : 2000 l/min									
Nº Bombas	2	3	4	5	4	5	8	10	
2000 l/min - 15 bar									
Volumen espumogeno en m ³ si su CC es de	1%	1,8	2,26			3,6	4,5		
	3%	5.4	6.8	10.1	13.5	10.8	13,5	20.3	27
	6%	10.8	13.5	20.3	27	21.6	27	40.5	54
Agua	Volumen total (m ³)	180	225	337.5	450	360	450	675	900
	Caudal (m ³ /H)	240	300	450	600	480	600	900	1200

Incendio de cubeto o sub-cubeto de superficie inferior a 2000 m ²									
Tiempo de lucha 45 minutos									
Superficie ardiendo (m ²)	1500 m ²				2000 m ²				
Tipo de producto	No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		No miscible al agua (hidrocarburo)		Miscible al agua		
Tasa de aplicación (l/min/m ²)	8	10	15	20	8	10	15	20	
Caudal solución espumante (l/min)	12000	15000	22500	30000	16000	20000	30000	40000	
Nº monitores	6	8	11	15	8	10	15	20	
Caudal : 2000 l/min									
Nº Bombas	6	8	11	15	8	10	15	20	
2000 l/min - 15 bar									
Volumen espumogeno en m ³ si su CC es de	1%	5,4	6,76			7,2	9		
	3%	16.2	20.3	30.4	40.5	21.6	27	40.5	54
	6%	32.4	40.5	60.8	81	43.2	54	81	108
Agua	Volumen total (m ³)	540	675	1012.1	1350	720	900	1350	1450
	Caudal (m ³ /H)	720	900	1350	1800	960	1200	1800	1800

INCENDIOS DE CHARCOS.

Incendio de charco S<400m y espesor <2,5cm													
Tiempo de lucha (min)		20 minutos											
Superficie ardiendo (m ²)		10 m ²		20 m ²		50 m ²		100 m ²		200m2		400m2	
Tipo combustible		No AR	AR	No AR	AR	No AR	AR	No AR	AR	No AR	AR	No AR	AR
Tasa de aplicación (l/min/m ²)		4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6
Caudal solución espumante (l/min)		40	60	80	120	200	300	400	600	800	1200	1600	2400
Volumen de agua total (m3)		0,8	1,2	1,6	2,4	4	6	8	12	16	24	32	48
Volumen espumogeno en litro si su CC es de	1%	8	12	16	24	40	60	80	120	160	240	320	480
	3%	24	36	48	72	120	180	240	360	480	720	960	1440
	6%	48	72	96	144	240	360	480	720	960	1440	1920	2880
numero garrafas del 3%		1	2	2	3	5	9	12	18	24	36	48	72

ANEXO 4: TABLAS DE RADIACIONES TÉRMICAS APROXIMADAS



ANEXO 4: TABLAS DE RADIACIONES TÉRMICAS APROXIMADAS.

A continuación se presentan unos valores aproximados de intensidades de radiación térmica a una distancia de una superficie incendiada. El parámetro para el cálculo de las distancias no es la superficie, sino la longitud máxima del charco al que el individuo está expuesto. Por ejemplo en un rectángulo sería el lado más largo. Por otro lado, se proporcionan los efectos que estas radiaciones pueden producir sobre la población sin protección, ponderada en el tiempo, de forma que se convierte en dosis.

Distancias a las cuales llegan estas intensidades de radiación térmica en función de la superficie ardiendo				
Lado más grande de superficie fuego (m)	8 kw/m ²	5 kw/m ²	3 kw/m ²	1,5 kw/m ²
10 a 15	22m	27m	37m	50m
16 a 20	28m	35m	47m	63m
21 a 25	34m	42m	56m	75m
26 a 30	39m	48m	65m	87m
31 a 35	44m	56m	73m	98m
36 a 40	50m	61m	81m	109m
41 a 45	55m	67m	89m	119m
46 a 50	59m	73m	97m	128m
51 a 55	64m	79m	104m	138m
56 a 60	69m	84m	111m	147m
61 a 65	73m	90m	118m	155m
66 a 70	78m	95m	125m	164m
71 a 75	82m	100m	132m	172m
76 a 80	86m	105m	138m	179m
81 a 85	90m	110m	144m	187m
86 a 90	95m	115m	150m	194m
91 a 95	99m	120m	156m	200m
96 a 100	103m	125m	162m	207m

Umbrales para protección de la población:

Todo y que en el caso de la radiación térmica, a diferencia de las dosis de productos tóxicos, la población se aleja hasta que deja de sentir los efectos, a continuación se aportan los datos normativos para definir los umbrales de las zonas de planificación.

Valores umbrales para determinar la Zona de Intervención (ZI) de acuerdo al RD 1193/2006, Directriz Básica para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves.

Definición de ZI: zona de intervención es aquella zona en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección. Por encima de estos valores, los efectos sobre las personas se pueden asimilar a quemaduras de grado 2. Las quemaduras de segundo grado afectan considerablemente a la epidermis, capa externa de 0,05-0,1mm de espesor, provocando la aparición de ampollas, presentando el resto un aspecto húmedo y enrojecido, siendo necesario el tratamiento médico para recuperar la zona dañada.

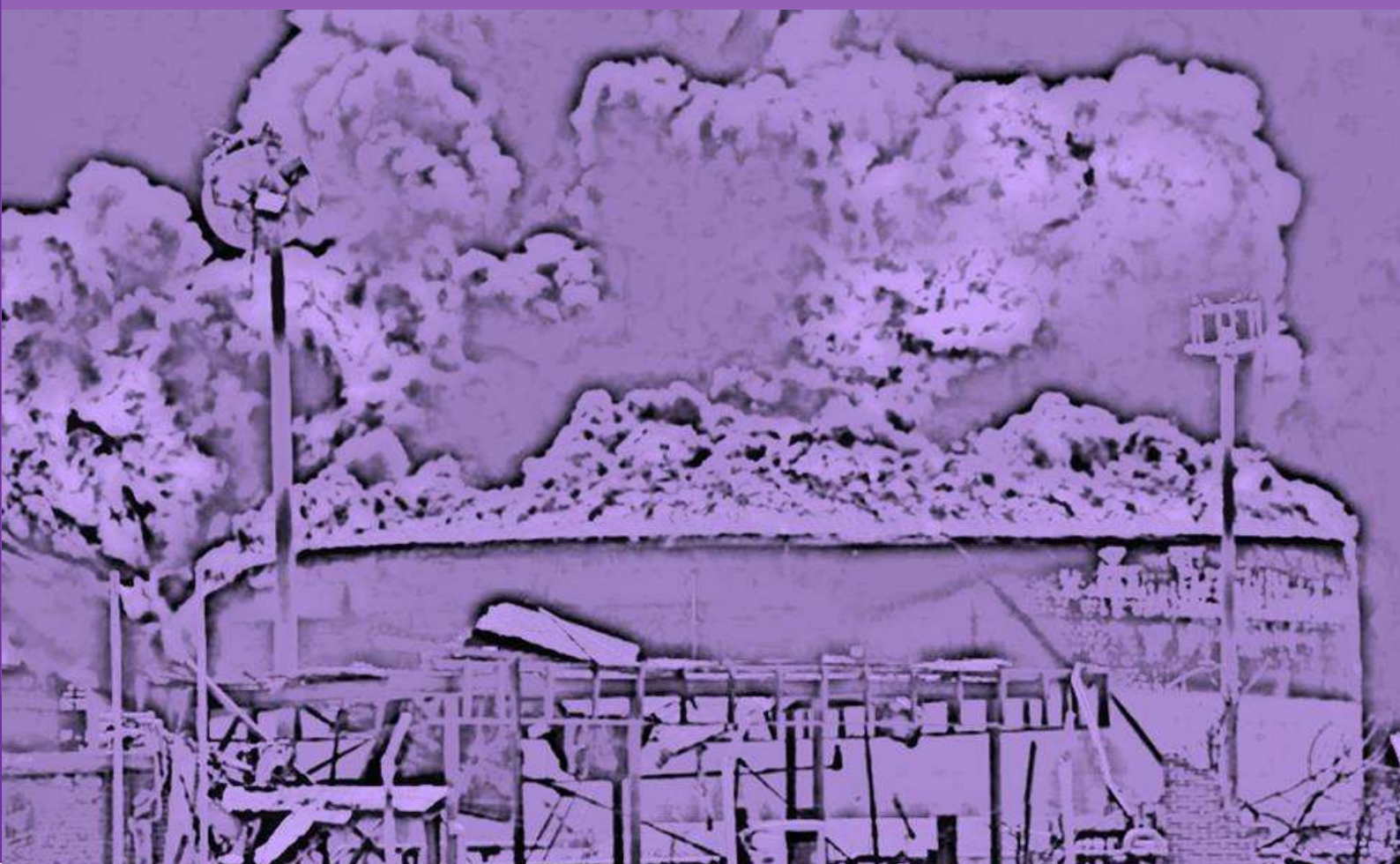
Intensidad (Kw/m2)	7	6	5	4	3
tiempo exposicion (s)	20	25	30	40	60

Valores umbrales para determinar la Zona de Alerta (ZA). Definición de ZA: zona de alerta es aquella zona en la que las consecuencias de los accidentes provocan efectos que, aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para grupos críticos de población. Por encima de este nivel, los efectos se pueden asimilar a quemaduras de grado 1. Las quemaduras de primer grado producen un daño superficial, caracterizado por el enrojecimiento y sequedad de la piel que provoca sensación dolorosa. No aparecen ampollas y la sensación de dolor crece a medida que aumenta el tiempo de exposición. No requiere asistencia médica, ya que los daños producidos son reversibles al cabo de uno o dos días.

Intensidad (Kw/m2)	6	5	4	3	2
tiempo exposicion (s)	11	15	20	30	45

A nivel práctico, cabe destacar que (Raj,2008) llevó a cabo una revisión de los criterios para la exposición de la población ante la radiación térmica emitida por incendios existentes en distintas normativas. Mediante ensayos con fuego real se ha determinado que el criterio de 5 KW/m2 para la seguridad pública durante 20-30 segundos de exposición es muy conservador y representa un elevado factor de seguridad.

ANEXO 5: TIPOS DE ESPUMÓGENOS



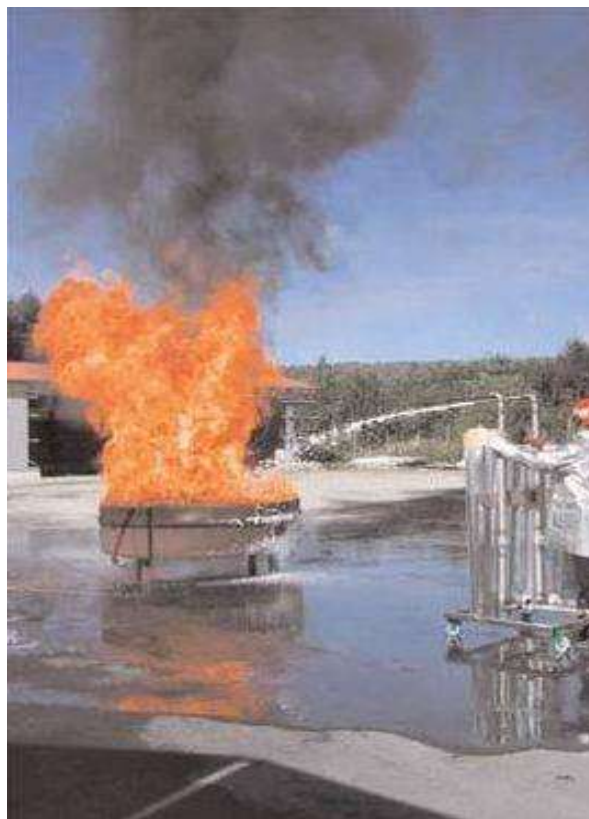
ANEXO 5: TIPOS DE ESPUMÓGENOS.

Aunque no se cita en el proceso de cálculo de material fungible, es muy importante el uso del espumógeno adecuado a la naturaleza del fuego existente y la calidad del mismo.

De forma general se podría decir que existen dos tipos de combustibles; los apolares (hidrófugos) y los polares (hidrófilos). Los más comunes son los combustibles apolares que no tienen solubilidad en el agua (gasóleos, gasolinas, fuel, etc.). Los productos polares, aquellos que tienen afinidad con el agua no son tan abundantes en la industria petrolífera, pero si en la industria química (alcoholes, acetonas, aldehídos, etc.). En algunas ocasiones los combustibles hidrófugos tienen porcentajes pequeños de productos polares.

En los fuegos de hidrocarburos no solubles en agua, el espumógeno idóneo sería el AFFF, con una dosificación del 3% y si fuese posible del 1%. También se puede utilizar AFFF-AR, pero se ha de tener cuidado en no mezclarlos en origen, antes de hacer la espuma. Dentro de esta gama de productos, la norma UNE-EN 1568-3 clasifica los espumógenos en función de su eficiencia, teniendo en cuenta, tanto el tiempo de extinción como el tiempo de reencendido de un fuego tipo. Por tanto, no es lo mismo utilizar un espumógeno de alta calidad que otro mediocre. En principio, la mayoría son aptos para ser utilizados con agua de mar.

En los fuegos de líquidos polares, el espumógeno que se debe utilizar es el AFFF-AR. En este caso la dosificación será del 3 ó 6%. No obstante, últimamente se está avanzando en el diseño de estos productos y sin duda se podrá utilizar en el futuro concentraciones del 1%. Su comportamiento siempre es mucho menos eficaz que el anterior (líquidos no polares), sobre todo si el lanzamiento de la espuma implica que ésta se sumerja en el líquido, como podría ser la extinción con monitores de un tanque con monitores. Se debe tener en cuenta que en la actualidad existen combustibles aparentemente no solubles en agua, que incorporan líquidos polares para mejorar sus características. Un caso muy significativo son algunas gasolinas con mezclas de Etanol, MTBE, etc.



EN 1568-3

Clase por rendimiento en la extinción	Nivel de resistencia al reencendido	Aplicación suave (Ver H.2)		Aplicación violenta (Ver H.3)	
		Tiempo de extinción	Tiempo de reencendido	Tiempo de extinción	Tiempo de reencendido
		no más que	no menos que	no más que	no menos que
I	A	No aplicable		3	10
	B	5	15	3	No aplicable
	C	5	10	3	
	D	5	5	3	
II	A	No aplicable		4	10
	B	5	15	4	No aplicable
	C	5	10	4	
	D	5	5	4	
III	B	5	15	No aplicable	
	C	5	10		
	D	5	5		

En la siguiente tabla se puede ver qué características implican que un producto pueda ser denominado I, II, III, A, B, C, según la norma UNE-EN 1568-3. Los valores I, II y III son clasificaciones en función del tiempo de extinción de una bandeja estándar. Los valores A, B y C indican el tiempo de reencendido una vez extinguido.

ANEXO 6: PRESCRIPCIONES NORMATIVAS PARA LA PROTECCIÓN ACTIVA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS



ANEXO 6: PRESCRIPCIONES NORMATIVAS PARA LA PROTECCIÓN ACTIVA DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.

REGLAMENTO DE INSTALACIONES PETROLÍFERAS: IP 02 TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

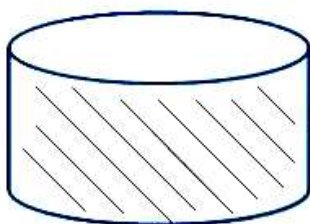
A continuación, se exponen los parámetros que normalmente se habrán utilizado para su diseño en caso de que nos encontremos con una instalación de este tipo.

REFRIGERACIÓN DE TANQUES:

Evaluación del caudal de agua necesario en caso de incendio de tanques de eje vertical			
Tipo de tanque supuestamente incendiado	Tanque a enfriar	Caudal de agua a prever	
		Para enfriamiento de tanques	Para espuma
Hidrocarburos líquidos (clases B y C).	a) El tanque incendiado.	15 litros/minuto por metro de circunferencia.	Máximo caudal de agua necesaria para producir espuma, según artículo 41.2.
	b) Los tanques adyacentes situados total o parcialmente a menos de 1,5 R del supuesto incendiado, medidos desde sus paredes, con un mínimo de 15 m.	Caudales sobre 1/4 de la superficie lateral en litros/metro cuadrado/minuto. Techo fijo: Punto de inf. < 21 °C 5 litros/metro cuadrado/minuto. Punto de inf. ≥ 21 °C 3 litros/metro cuadrado/minuto. Techo flotante: < 7.500 metros cúbicos, 3 litros/metro cuadrado/minuto. ≥ 7.500 metros cúbicos, 2 litros/metro cuadrado/minuto.	39.2

Esquema resumen:

REFRIGERAR INCENDIADO



15 l/min por m²

REFRIGERAR ANEXOS

TECHO FIJO

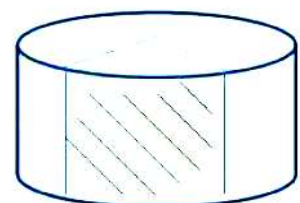
Gasolina (T_{infl} < 21 °C) : 5 l/min por m²

Gasoil (T_{infl} > 21 °C) : 3 l/min por m²

TECHO FLOTANTE

< 7500 m³ : 3 l/min por m²

> 7500 m³ : 2 l/min por m²



EXTINCIÓN DE TANQUES (En principio obligatorio para productos de clase B1):

Tanques de techo fijo o techo fijo y pantalla flotante:

4 l/min/m² de superficie a proteger. Reserva de 50min de espumógeno.

Tanques de techo flotante:

6,5 l/min/m² en la corona circular durante 20' de espumógeno.

EXTINCIÓN DE CUBETOS (En principio obligatorio para cubetos con tanques de productos de clase B1):

Cuando exista esta instalación, la normativa exige que los cubetos estén cubiertos con generadores de un caudal unitario mínimo de 190 l/min y el número de generadores será de 1 en cubetos con tanques inferiores a 20m de diámetro, de 2 con tanques entre 20-36m y de 3 si los tanques son superiores a 36m de diámetro. Para el cálculo de necesidades de espumógeno, el tiempo de funcionamiento mínimo debería ser de 30min.

ABATECIMIENTO DE AGUA DE PCI GENERAL.

Al margen de lo anterior en grandes instalaciones siempre existe un sistema de hidrantes, que pueden ir acompañados de monitores agua/espuma. El tiempo de reserva de agua para las instalaciones de agua en grandes almacenamientos será de 3 horas.

ANEXO 7: ESTUDIO DEL FENÓMENO BOILOVER EN LOS INCENDIOS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.



ANEXO 7. ESTUDIO DEL FENÓMENO BOILOVER EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.

Descripción del fenómeno

El boilover, o rebosamiento por ebullición, puede producirse espontáneamente durante el incendio de un depósito abierto que contenga ciertos tipos de aceites minerales crudos. Después de un largo periodo de combustión tranquila se produce un rápido rebosamiento o eyección de una parte de los crudos residuales que contiene el depósito, cuya causa es la ebullición del agua, que forma una espuma de petróleo y vapor que se expande rápidamente. El fenómeno puede describirse de la manera siguiente:

- Un recipiente sin techo contiene un líquido incendiado (generalmente petróleo crudo).
- El recipiente contiene una capa de agua en su fondo.
- Después de un largo período de combustión lenta en la superficie, el agua del fondo entra en ebullición.
- El vapor se expande bruscamente y expulsa una gran cantidad de líquido incendiado fuera del recipiente.

Condiciones necesarias

Para que se produzca un boilover es necesario que concurren las circunstancias siguientes:

1. Que el recipiente no tenga techo. Un caso característico es el de un recipiente alcanzado por un rayo, que alza el techo e inicia el incendio.
2. Que el recipiente contenga una capa de agua, o una emulsión de agua y aceite, en el fondo. La presencia de agua puede obedecer a distintas causas:
 - Condensación de la humedad del aire contenido en el recipiente debido a cambios en la temperatura ambiente.
 - Contenido de agua del propio hidrocarburo.
 - Agua de lluvia.
 - Agua utilizada para extinción o refrigeración en caso de incendio.
3. Que el recipiente contenga un producto con diversos componentes, desde fracciones livianas hasta residuos pesados, que presenten una gran diversidad de puntos de ebullición. De esta manera, el producto incendiado puede dar lugar a la formación de una *ola caliente*, tal como se describe más adelante. El rango de

temperaturas de ebullición que permitirán la formación de la ola, debe extenderse al menos 60 °C por encima de la temperatura de ebullición del agua en la interfase combustible-agua.

Michaëllis y Mavrothalassitis proponen un factor de propensión a la aparición del boilover F_{boil} , definido de manera empírica, considerando tres condiciones principales:

$$F_{boil} = \left[\left(1 - \frac{393}{T_{ebull}} \right) \left(\frac{\Delta T_{ebull}}{60} \right)^2 \left(\frac{\nu}{0,73} \right) \right]^{\frac{1}{3}} > 0,6$$

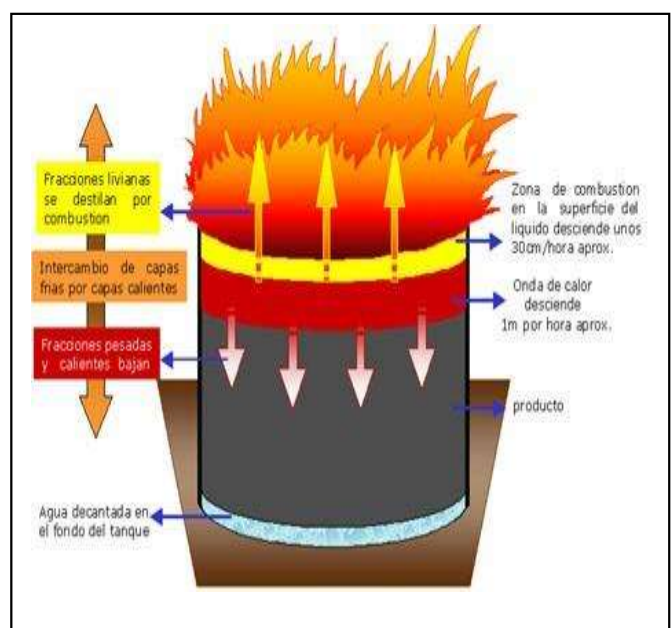
En esta expresión, T_{ebull} es la temperatura de ebullición media del combustible, ΔT_{ebull} es la diferencia entre la temperatura de ebullición más elevada y 393 K y ν la viscosidad.

4. Que el producto contenga una gran cantidad de residuos viscosos, capaces de formar con el agua, una emulsión espumosa consistente y de gran tensión superficial. Además, la viscosidad debe ser suficiente para que exista una cierta estanqueidad frente al vapor de agua generado en la interfase agua-combustible (resistencia al ascenso de las burbujas de vapor a través del combustible). La viscosidad cinemática debe ser al menos superior a la del keroseno [1 – 1.9 ctStoke a 38° C].

Desarrollo

En estas condiciones, un incendio en el tanque puede dar lugar a un boilover de la manera siguiente:

- A) El producto comienza a arder.
- B) Las fracciones más livianas se destilan y arden en la superficie.
- C) El residuo de la destilación alcanza una temperatura igual o superior a 150° C. Este residuo va aumentando de espesor, progresando hacia el fondo.



D) El residuo, a su paso, va calentando y destilando los componentes más volátiles que arden en la superficie. De esta manera, el descenso del residuo alimenta el incendio.

E) Se forma una capa llamada *ola caliente*, de la manera siguiente:

- La combustión en la superficie provoca la inmersión de sucesivas cantidades de residuo, que se va acumulando y forma una capa de espesor creciente.
- Esta capa de residuo adquiere una viscosidad y una temperatura crecientes. La temperatura oscila entre 150 y más de 300°C.
- Esta capa caliente desciende lenta y continuamente hacia el fondo. Con todo, el descenso de la *ola caliente* es más rápido que la bajada del nivel del líquido a consecuencia de su consumo por el incendio. Como dato orientativo, se han medido velocidades de descenso superiores a 1 m/h, aunque se pueden producir velocidades aún mayores.

F) Cuando la ola llega a la capa de agua del fondo, la calienta hasta que provoca su ebullición. Como resultado, se forma una emulsión de vapor y aceite viscoso, de gran tensión superficial, que se expande bruscamente. Recordemos que el vapor de agua, a presión atmosférica, tiene un volumen 1.700 veces superior al del agua líquida.

G) La bolsa de vapor desplaza, violentamente un volumen equivalente de líquido. Como resultado, se produce la expulsión, en forma de rebosamiento, e incluso de erupción, de una gran cantidad de producto, incluyendo la superficie incendiada, desde la que se propaga el incendio al resto del derrame.

Se estima que un boilover puede propulsar el combustible incendiado hasta una altura equivalente a 10 veces el diámetro del recipiente.

Consideraciones tácticas

Considerar el riesgo de un boilover si se dan las siguientes condiciones:

- Incendio de un tanque o recipiente sin techo, con posible presencia de agua en el fondo o a distintos niveles
- Arde un líquido multicomponente con amplio rango de temperaturas de ebullición que se extienden, al menos 60°C por encima de la temperatura de ebullición del agua en la interfase combustible agua (ej. crudo de petróleo)
- La viscosidad del líquido inflamable es suficientemente elevada para dificultar la salida del vapor. La viscosidad cinemática debe ser al menos superior a la del keroseno (1 – 1.9 ctStoke a 38° C). Puede consultarse la viscosidad de otros productos en la tabla 1.

SUSTANCIA	TEMPERATURA DE REFERENCIA (°C)	VISCOSIDAD CINEMÁTICA (cSt)
Petróleo crudo ($\rho_r = 0.925$)	15.6 54.4	85 18.5
Petróleo crudo ($\rho_r = 0.855$)	15.6 54.4	8 3.7
Petróleo crudo 48 API ($\rho_r = 0.78$)	15.6 54.4	3.8 1.6
Petróleo crudo 40 API ($\rho_r = 0.81$)	15.6 54.4	9.7 3.5
Petróleo crudo 35.6 API ($\rho_r = 0.83$)	15.6 54.4	17.8 4.9
Petróleo crudo 32.6 API ($\rho_r = 0.85$)	15.6 54.4	23.2 7.1
Keroseno ($\rho_r = 0.79$)	20 40	2.71 1.7
Gasolina ($\rho_r = 0.74$)	15.6 37.8	0.88 0.71
Gasolina ($\rho_r = 0.716$)	15.6 37.8	0.64 0.50
Gasolina ($\rho_r = 0.68$)	15.6 37.8	0.46 0.40
Aceite combustible diésel 2D ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	37.8 54.4	2-6 1-3.97
Aceite combustible diésel 3D ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	37.8 54.4	6-11.75 3.97-6.78
Aceite combustible diésel 4D ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	37.8 54.4	29.8 13.1
Aceite combustible diésel 5D ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	50 71.1	86.6 35.2
Aceite combustible (fuel oil)#1 ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	21.1 37.8	2.39-4.28 1-2.69
Aceite combustible (fuel oil)#2 ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	21.1 37.8	3.0-7.4 2.11-4.28
Aceite combustible (fuel oil)#3 ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	21.1 37.8	2.69-5.84 2.06-3.97

Aceite combustible (fuel oil)#5A ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	21.1 37.8	7.4-26.4 4.91-13.7
Aceite combustible (fuel oil)#5B ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	21.1 37.8	26.4 mínimo 13.6-67.1
Aceite combustible (fuel oil)#6 ($\rho_r = 0.82 - 0.95$)	50 71.1	97.4-660 37.5-172

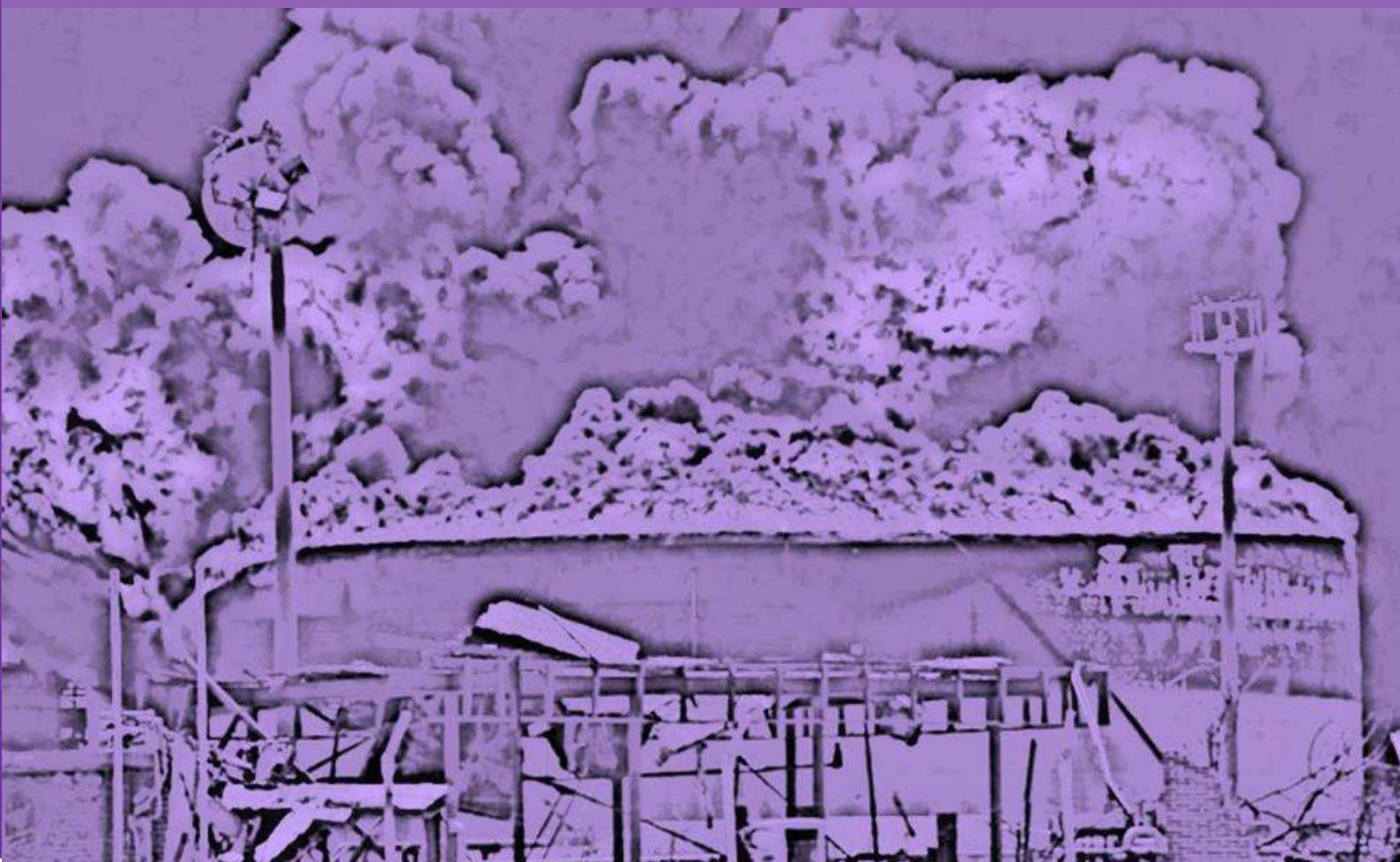
Tabla 1. Viscosidad cinemática de algunos líquidos (ρ_r densidad relativa 60/60°F)

En las circunstancias anteriores se recomienda:

- Prestar especial atención al **calor irradiado**. Antes del boilover, la altura de llama puede oscilar entre 1.5 y 3 veces el diámetro del tanque. El calor irradiado puede afectar a otros elementos de la instalación, así como a los intervinientes.
- Si se produce el boilover, el combustible expulsado puede alcanzar una altura de 10 veces el diámetro del tanque. Se recomienda establecer una **zona caliente** mínima de 5 veces el diámetro del tanque.
- Para determinar la altura a la que se encuentre la ola caliente formada, **se desaconseja** el uso del método de identificación de la altura de la ola caliente propuesto por diferentes autores y consistente en proyectar agua sobre la pared exterior del tanque, inmediatamente debajo de la zona deformada por el calor del incendio para a continuación descender hasta que el agua deje de evaporarse, concluyendo que esa es la altura a la que se encuentra la ola caliente. Existen datos experimentales que inducen a pensar que la temperatura alcanzada por el líquido puede ser mayor hacia el centro del tanque que en la parte próxima a la pared.
- Para determinar la altura a la que se encuentre la ola caliente formada, **se aconseja** lo siguiente:
 - Determinar el grado de llenado del tanque al inicio del incendio
 - Conocido el tiempo transcurrido desde el inicio, aplicar una velocidad de descenso de 2.5 m/h (máxima aconsejada en el proyecto LASTFIRE)
- Si teniendo en cuenta el punto anterior, se sospecha que la ola caliente está próxima a alcanzar el fondo, dejar las instalaciones de refrigeración y protección con monitores y retirar a todos los intervinientes de la zona caliente alejándolos a una distancia mínima de cinco veces el diámetro del tanque.

ATENCIÓN: No reducir la zona caliente después de haberse producido un boilover. Puede repetirse más de una vez en un mismo tanque.

ANEXO 8: LÍNEAS GENERALES DEL SISTEMA HIDRAÚLICO PARA REALIZAR MANIOBRAS DE SUPERFICIE DE HIDROCARBUROS.



ANEXO 8: LÍNEAS GENERALES DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA REALIZAR MANIOBRAS EN INCENDIOS DE SUPERFICIE DE HIDROCARBUROS.

En este anexo se exponen de forma práctica las diferentes opciones que existen para poner en marcha algunas maniobras que se han descrito anteriormente.

Normalmente este aspecto se suele enfocar desde el punto de vista teórico, realizando cálculos hidráulicos donde se justifican las diferentes opciones que se seleccionan. Este manual no pretende instruir a los usuarios en cómo realizar estos cálculos sino que se propondrá alguna solución práctica que pueda implementarse de forma directa junto con algunos consejos generales que puedan servir de consulta general cuando sea necesario.

Considerando los caudales de agua y espumógeno necesarios para la extinción de superficies de hidrocarburos, tenemos que dividir el estudio en función de los medios necesarios, ya que habrá ocasiones en las cuales a simple vista se verá que es imposible llegar a extinguir este tipo de fuego y será mejor optar por estrategias más defensivas.

Los ejemplos que se exponen en este texto son meramente ilustrativos y por tanto no son las únicas soluciones existentes, dependerá de cada situación en concreto. Lo que sí es bastante constante es la cantidad de “materia prima” (agua, espumógeno, etc.) que necesitaremos para extinguir el incendio.

En los ejemplos siguientes se exponen ejemplos de sistemas de extinción de superficies cuando las instalaciones propias del establecimiento han fallado. No se consideran los sistemas de refrigeración del tanque incendiado o de los cercanos. Estos sistemas implicarán unos caudales de agua adicionales.

- ***Incendios de charco ($h < 2,5\text{cm}$) de 100m^2 de hidrocarburo no polar incendiado.***

Este caso se podría producir en un accidente que esté implicado un camión, con rotura del propio depósito de combustible del camión y la carga se haya incendiado. Con la temperatura, posteriormente se puede incendiar todo el charco.

S charco (m ²)	Tasa aplicación (l/min/m ²)	Tiempo (min)	Q simultaneo (l/min)	Reseva agua (m ³)	Reserva espumóg (1%) (litros)	Reserva espumóg (3%) (litros)
100	4	20	400	8	80	240

A este incendio se le puede hacer frente con los medios habituales de un Servicio de bomberos medio. Podría ser mediante dos BUP que lleve cada una 3000 l de agua y 120 litros de espumógeno de clase B al 3% en depósito propio o en 6 garrafas. Esta es una dotación muy estándar en los servicios de bomberos españoles. La mezcla espumante se puede hacer en el propio vehículo o bien en línea mediante un hidromezclador. Si se realiza en el propio vehículo podría ser mediante aspiración en bomba o por inyección en la línea de salida de bomba. En el primer caso todas las salidas de la bomba tendrán mezcla espumante y esto evitará que podamos hacer la extinción de otros elementos diferentes al hidrocarburo solamente con agua y por tanto gastar más espumógeno innecesariamente. En cada BUP

suele haber una lanza de baja expansión, B2 que alimentada con mangueras de 45 mm nos dará los 200 l/min. necesarios. Deberá lanzarse a unos 6 bar en punta de lanza y por tanto la presión de salida de bomba dependerá de la longitud de la línea. En todo caso es conveniente rebotar el chorro de salida antes de que impacte sobre el charco incendiado ya que es importante evitar la contaminación de la espuma. Por último, debe considerarse que para completar los 8.000 l de agua necesarios para el charco de hidrocarburo más los otros elementos incendiados, será necesario hacer una noria de otra autobomba para cada una de las que está actuando o bien asegurar el abastecimiento desde hidrante.

Es importante evaluar la potencia de extinción que lleva la dotación que deberá actuar. En este sentido, los protocolos de actuación de los servicios deben enviar las dotaciones mínimas para que aporten los materiales necesarios. Si no se dispone de suficiente material para empezar la maniobra, debería prepararse la actuación y esperar a que llegue, asegurando la zona o extinguiendo otros elementos.

- ***Incendios de charco ($h < 2,5\text{cm}$) de 150m^2 de hidrocarburo polar incendiado.***

Este caso se podría producir en el cargadero de una industria de almacenaje de productos químicos. La dotación de medios de un Servicio de bomberos estándar de una ciudad española es posible que no tuviese los medios necesarios de forma inmediata para extinguir el incendio.

S charco (m ²)	Tasa aplicación (l/min/m ²)	Tiempo (min)	Q simultaneo (l/min)	Reserva agua (m ³)	Reserva espumóg (1%) (litros)	Reserva espumóg (3%) (litros)
150	6	20	900	18	180	540

Este es un incendio diferente al anterior en cuanto a tipología ya que, al estar dentro de un establecimiento, es posible que podamos utilizar las instalaciones propias de la empresa, o como mínimo el material fungible necesario (agua, espumógeno). Si no fuese posible podríamos tener problemas, ya que el volumen de espumógeno que se necesita no es fácil que se disponga en los vehículos de los servicios de bomberos convencionales. En este sentido es muy recomendable la utilización de espumógenos al 1%, que ya existen para fuegos de clase B de hidrocarburos y líquidos polares con eficacias muy altas.

Si se dispone de dos vehículos tipo nodriza con 5m³ de depósito de agua y con depósitos de espumógeno de 100 l al 1% o 250 l en caso de que fuese al 3%, tendríamos parte del problema solucionado. La maniobra puede funcionar con un único vehículo que incorpore todo el espumógeno, pero no es tan común. Por contra si disponemos de un BUP estándar que incorporen depósito de aditivo al 3% de 130 l, deberíamos disponer de 4 vehículos. Finalmente, la mezcla se ha de lanzar con 4-5 lanzas de 200l/min en baja expansión y en este caso es primordial que el chorro de espuma rebote antes de depositarse y se sumerja lo mínimo posible en el combustible.

Existen otras posibilidades, como sería hacer el trasvase del espumógeno en continuo mediante GRG o bidones, aspirando con la bomba de carga de espumógeno. Este sistema tiene el inconveniente de la falta de rapidez necesaria en estas intervenciones, ya que el aditivo se tiene que traer des de algún parque de bomberos o empresa cercana y controlar muy bien el balance del caudal que se consume de espumógeno con el caudal de la bomba de aspiración. También podría hacerse la extinción con 4 líneas y hidromezcladores en las proximidades de la lanza. Trabajando al 3% implicaría disponer de unos 28 bidones, llevar 7 a cada hidromezclador y pensar que cada 3,5 min deberemos cambiar el bidón.

Por último, las necesidades de agua no son excepcionales y con un hidrante normal de 2.000 l/min sería suficiente. En caso contrario, debería pensarse en alimentación mediante autobombas diferentes a las que están emplazadas extinguiendo.

Todas estas maniobras se han de hacer de manera muy coordinada, ya que lo importante es poder proyectar el caudal simultáneo. No tiene la misma eficacia lanzar durante más tiempo menos caudal.

- ***Incendio de depósito de hidrocarburo de 12m Ø y 15 m de altura.***

Podría ser el ejemplo de un tanque de almacenamiento para uso propio en una empresa con grandes consumos en grupos electrógenos, calderas, transporte, etc.

S depósito (m ²)	Tasa aplicación (l/min/m ²)	Tiempo (min)	Q simultáneo (l/min)	Reserva agua (m ³)	Reserva espumóg (1%) (litros)	Reserva espumóg (3%) (litros)
113	8	60	904	54	500	1500

A diferencia de los casos anteriores, para una superficie incendiada similar, al tener mucho más espesor de producto, y estando a una cierta altura que provoca muchas más pérdidas y con el calor que se desarrolla cerca a la chapa del depósito, los tiempos de extinción y la tasa de aplicación son muy superiores a los anteriores, y por tanto la logística debe prepararse muy bien si no se quiere fracasar.

En este caso, el aspecto crítico es el volumen de espumógeno necesario, ya que los caudales de agua y líneas de mangueras todavía son cantidades asumibles. Dependiendo de la altura del depósito ya no se podrán utilizar las lanzas manuales, debido al riesgo que implica y la radiación térmica que genera este tipo de incendio. Por tanto, lo más oportuno sería optar por monitores. En este caso tampoco se recomienda utilizar hidromezcladores en línea, aunque también se puede hacer, pero siempre y cuando los depósitos de donde se aspira el producto sean de 200 o 1000 litros.

Llevar los 1.500 l de aditivo en un vehículo o en dos es factible, pero no todos los servicios de bomberos disponen esta posibilidad. No solamente es necesario llevar el volumen de aditivo, sino que también debe tener la capacidad de caudal simultáneo de inyección del producto. Valores de 10-30 l/min todavía se pueden considerar asumibles.

El ejemplo propuesto es disponer de dos BUP con una bomba normal de 3000 l/min a 10bar. Supongamos que el depósito que lleva de espumógeno al 3% es de 150 litros. De cada vehículo sale una línea de 70Ø a 10 bar y controlamos el caudal para que cada una aporte unos 500 l/min. Ambas líneas alimentan a un monitor que lanzará los 1000 l/min necesarios.

El problema está en la logística, ya que necesitamos aportar agua y espumógeno. El caudal simultáneo del agua es muy asumible desde un único hidrante. Necesitamos alimentar con 600 litros de aditivo cada camión y a un ritmo no inferior a 15 l/min. No parece imposible hacerlo con 30 bidones cada vehículo a un ritmo de 1 bidón cada 1'20", pero el estrés y la posibilidad de fallo es alta. Lo ideal sería disponer de dos GRG con más de 600 litros cada uno de ellos y moverlos cerca del camión para que pueda ir aspirando la bomba de carga de espumógeno (siempre y cuando la bomba de aspiración tenga este caudal crítico de 15 l/min).

Otra opción factible sería disponer de monitores con lanzas autoaspirantes. Estas lanzas están diseñadas para grandes caudales. Alimentaríamos el monitor con 2 mangueras de 70mm y podríamos regular el caudal con un solo BUP. A pie de monitor deberíamos situar dos GRG de espumógeno de los cuales podría aspirar la lanza. Es un método más inexacto y

el consumo seguro que es superior, pero nos ahorramos el paso intermedio de cargar el aditivo en el BUP que puede ser crítico.

- ***Incendio de depósito de hidrocarburo de 30m Ø y 20 m de altura.***

En este caso por las dimensiones será un tanque de almacenamiento de un establecimiento destinado a este fin, con lo cual es posible que existan depósitos cercanos, ya sea en el mismo cubeto o colindantes.

S deposito (m ²)	Tasa aplicación (l/min/m ²)	Tiempo (min)	Q simultaneo (l/min)	Reseva agua (m ³)	Reserva espumóg (1%) (litros)	Reserva espumóg (3%) (litros)
745	8	60	6000	360	3600	10900

Q simultaneo espumóg (1%)(l/min)	Q simultaneo espumóg (3%)(l/min)
60	180

En este caso es posible todavía montar un dispositivo con elementos más o menos parecidos a los del ejercicio anterior, pero al existir más vehículos, la coordinación se hace más dificultosa y los tiempos de ejecución también.

Se podrían disponer 2 monitores con lanzas de 3.000 l/min autoaspirantes. Estos monitores se abastecen de aditivo mediante 2 GRG cada uno de ellos. Cada uno de los dos monitores es alimentado por dos autobombas con un caudal simultáneo de 1.500 l/min a 10 bar cada una mediante una manguera de 70mm. Las 4 autobombas deberán alimentarse a la vez por 4 hidrantes. Des de cada hidrante saldrán dos mangueras de 70 mm que alimentaran por bomba a la entrada 100 mm Storz (es importante no alimentar al depósito, ya que es posible que no podamos mantener este caudal).

En este caso las necesidades de agua tendremos que asegurarlas porque muy posiblemente, los 4 hidrantes no sean capaces de suministrar este caudal simultáneo. Por tanto, habría que diversificar la obtención de agua entre red propia del establecimiento, red pública o alguna otra empresa ajena.

Por último, puede suponer un problema el hecho de disponer los monitores cerca del depósito para que lleguen al techo. La inclinación ideal del monitor es de unos 60°, y el alcance del mismo hace que tengamos que situarnos a una distancia del depósito de unos 20-30m. Esto hace que sea posible que no podamos acercar los GRG para alimentarlos.

Este sistema descrito se simplifica y agiliza mucho si se dispone de un vehículo expresamente diseñado para grandes incendios con aditivos. Si se dispusiera de un vehículo de 26Tn (3 ejes) con 4m³ de espumógeno, bomba de 6.000 l/min y capacidad de inyección de espumógeno de 60 o 180 l/min.

Además, estos vehículos a menudo disponen de monitores en techo para lanzar grandes cantidades de mezcla. En este caso deberíamos emplazar el vehículo para que el agua lanzada por el monitor llegue a la cubierta del depósito, con la ventaja que el monitor está a unos 3 m de altura y puede trabajar a más presión. La parte crítica sería el abastecimiento de agua del vehículo. Como en el caso anterior se tiene que abastecer por bomba, y para ello este tipo de autobombas tienen varias entradas Storz de 100 o 150 mm (6"), que a su vez son alimentadas por mangueras de 70 o directamente por mangueras de 150 mm. Se citan este

tipo de mangueras porque son las que utilizan de salida muchos remolcadores o bombas sumergidas que habitualmente se utilizan para llevar estos grandes caudales.

- ***Incendio de depósito de hidrocarburo de 50m Ø y 20 m de altura.***

Por las dimensiones de este depósito, son de los más grandes que podemos encontrar en los establecimientos de almacenamiento. No obstante, existen depósitos de hasta 80m de diámetro.

S deposito (m ²)	Tasa aplicación (l/min/m ²)	Tiempo (min)	Q simultaneo (l/min)	Reseva agua (m ³)	Reserva espumóg (1%) (litros)	Reserva espumóg (3%) (litros)
1963	8	60	15000	1400	14000	42000

Q simultaneo espumóg (1%)(l/min)	Q simultaneo espumóg (3%)(l/min)
150	450

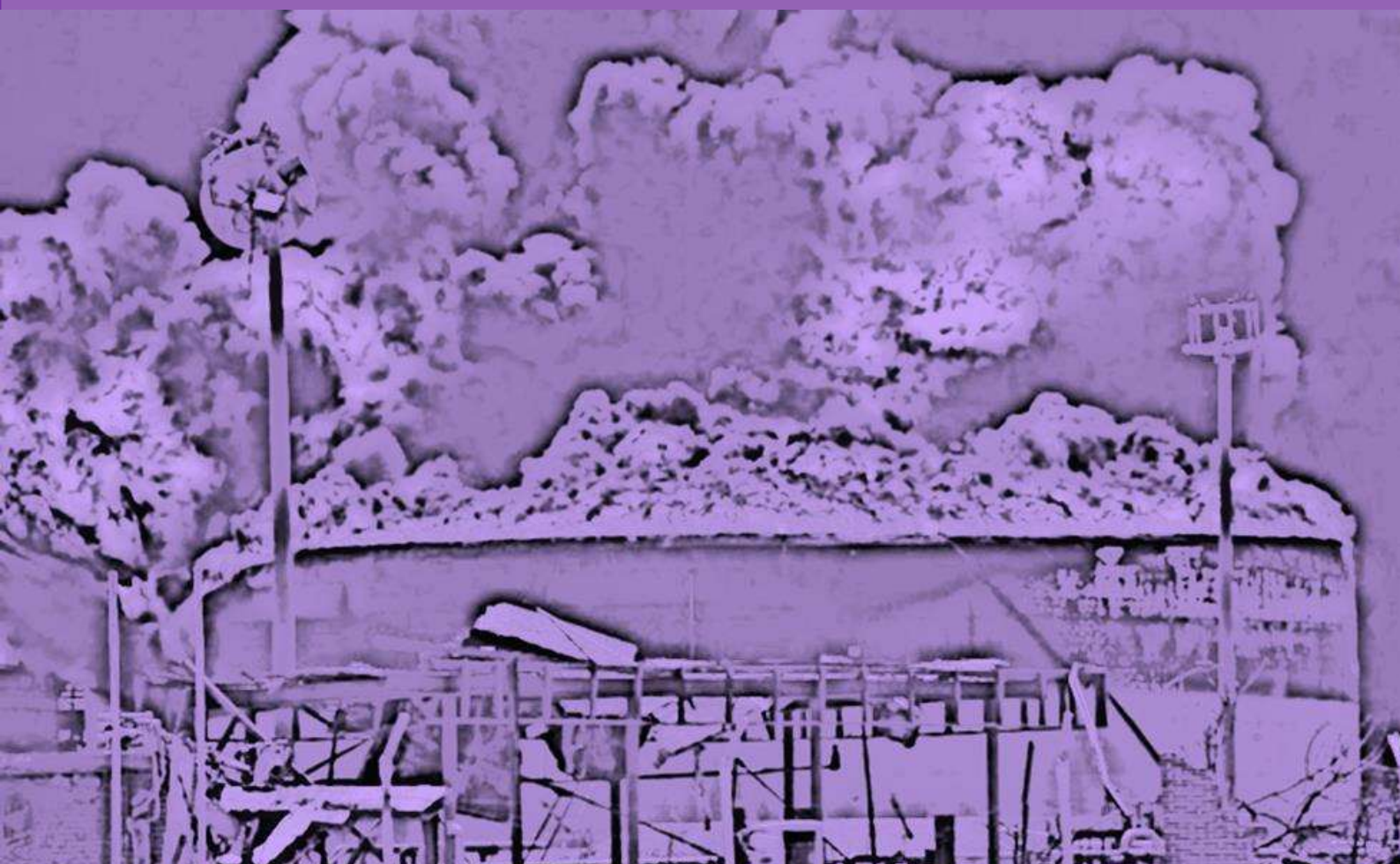
Este caso se tiene que afrontar utilizando sinergias y ayudas de empresas vecinas, porque es muy difícil que un servicio de bomberos público disponga de los medios necesarios en su actividad ordinaria. Las grandes empresas petroleras y los consorcios de empresas de polígonos industriales destinados a la logística química y energética cada vez se están preparando más en este sentido.

Lo ideal en este caso es disponer de 3 autobombas de gran incendio con 5m³ de espumógeno al 1% y un caudal de 6.000 l/min (10-15bar) cada una de ellas. El abastecimiento de agua para estos vehículos es una operación muy delicada y de una cierta complejidad. Es inviable pensar que las redes públicas o privadas nos podrán dar todo este caudal de agua. Sería factible pensar que por lo menos nos pudieran abastecer uno de los vehículos. Tenemos que tener en cuenta que si las IPC del establecimiento aún están operativas, estarán alimentando los sistemas de refrigeración de los tanques adyacentes al incendiado. Otra opción de abastecimiento sería disponer de remolcadores, en establecimientos próximos al mar (es muy habitual porque los hidrocarburos en nuestro país vienen principalmente en barco). Los remolcadores tienen una alta capacidad de impulsión de agua. El problema es cómo transportarla a la zona del incidente. Para ello se utilizan mangueras de 6" que tienen una capacidad de entre 6-10.000 l/min dependiendo de la presión. Su logística es complicada pero factible.

También existe la posibilidad de disponer de bombas sumergibles accionadas por sistemas hidráulicos dispuestos en contenedores transportables en. Otra solución son sistemas con bombas de explosión que aspiran directamente de una fuente inagotable (mar, río, lago). En este caso el hecho de tener que aspirar desde una cierta altura comporta una dificultad y pérdida de capacidad importante.

Por último, indicar que los remolcadores también tienen la capacidad de impulsar mezcla espumante. Muchos de ellos disponen de depósitos de varios miles de litros de espumógeno, que puede mezclarse con el agua que suministran. Sería posible si el incidente no está muy lejos del atraque, y disponiendo que del propio remolcador salga una línea de 6" con mezcla espumante, para colocar cerca del incidente una pentabifurcación para alimentar con 4 mangueras de 70mm a dos monitores de 4.000 l/min.

ANEXO 9: DOCUMENTOS Y NORMATIVAS DE CONSULTA.



ANEXO 9: DOCUMENTOS Y NORMATIVAS DE CONSULTA.

- Este documento ha sido inspirado en gran parte en el documento titulado “*Document Phase Reflexe: Feux d’Hydrocarbures*” del SDIS64 (Servicio Provincial de Incendio y Socorro de los Pirineos Atlánticos), el mismo elaborado según los principios de la Unidad de Valor Incendio Nivel 3 (UV INC 3) *hecho en Francia por el ENSOSP (Escuela Nacional Superior de Oficiales de Bomberos)*
- UNE EN 13565-2: Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas espumantes.
- API 2021.
- NFPA 11 Y 30.
- BP Process Safety Series: Liquid Hydrocarbon Storage Tank Fires.
- DOCUMENTACION LASTFIRE.
- GPRL-8896 Guía de extinción de incendios en tanques y cubetos de almacenamiento de CLH.
- La explosión de tanques de techo fijo. Revista Prevención de Incendios 1997. Santiago Rovira.

Guía Operativa

ESTRATEGÍA, TÁCTICAS Y MEDIOS PARA LA EXTINCIÓN DE
INCENDIOS DE SUPERFICIES DE HIDROCARBUROS EN
TANQUES DE ALMACENAMIENTO O DERRAMES

