



**Universidad  
de La Laguna**

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA

SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

TRABAJO FIN DE GRADO

**OPERACIONES DE SEGURIDAD ANTE  
INCENDIOS CONFINADOS A BORDO**

ISAAC DELGADO DELGADO

TUTOR

Dr. D. JOSÉ AGUSTÍN GONZÁLEZ ALMEIDA

JULIO 2019



D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

**D. ISAAC DELGADO DELGADO** con DNI **45851850-Q**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **“INCENDIOS CONFINADOS A BORDO”**.

Revisado dicho trabajo, estimo reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente documento.

En Santa Cruz de Tenerife, a 08 de junio de 2019.

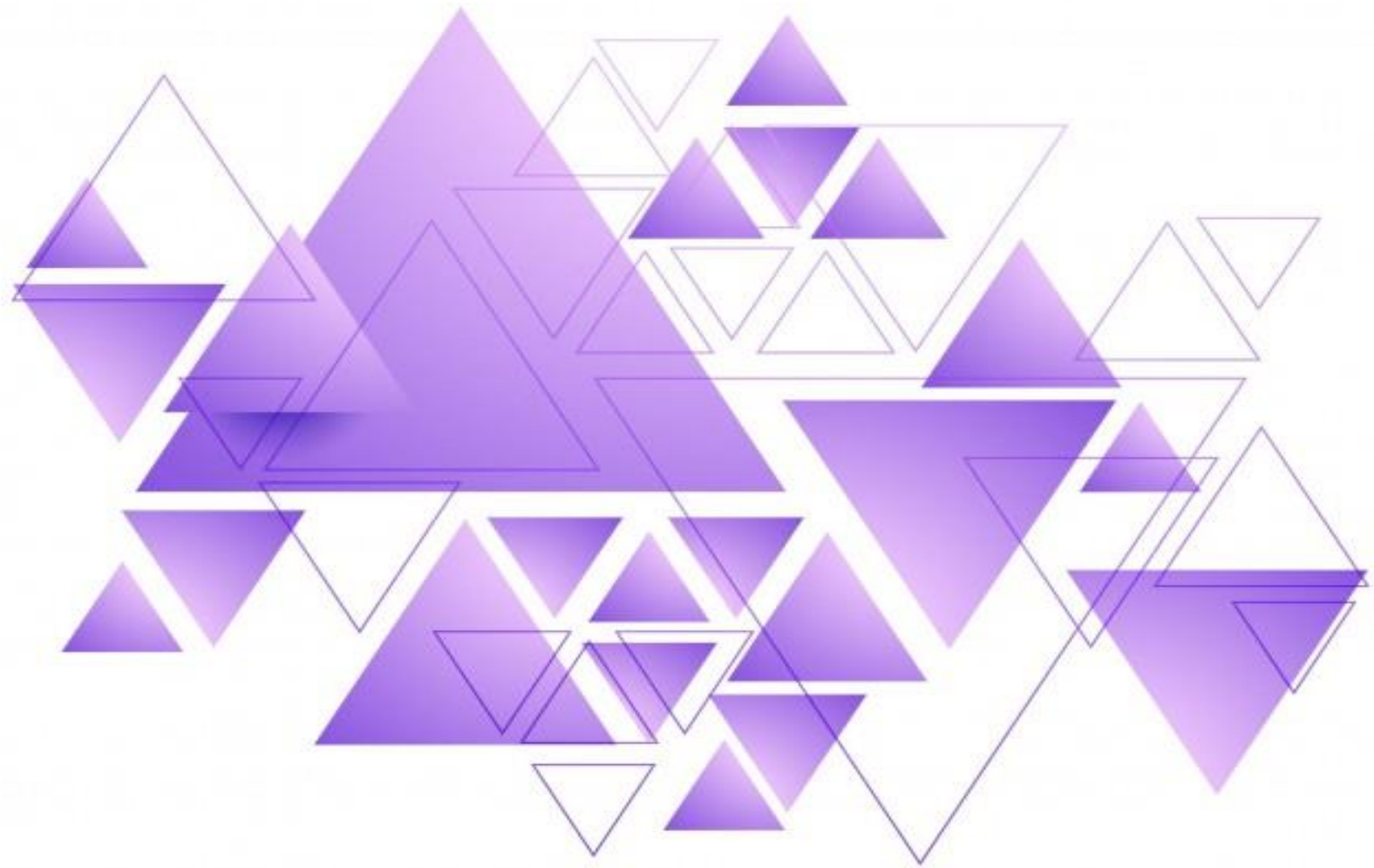
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a horizontal line drawn underneath it.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo



# Índice



# Sumario

---

<b>Índice</b>	<b>I</b>
Sumario	II
Imágenes	V
Tablas	XII
Gráficas	XIII
Acrónimos	XIV
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Antecedentes	3
Objetivos	8
<b>El Fuego</b>	<b>10</b>
El comburente	13
El calor	14
<i>I - La capacidad térmica y el calor específico</i>	14
<i>II - La temperatura</i>	16
<i>III - La transferencia de calor</i>	17
Los combustibles	21
<i>I - La pirólisis</i>	21
<i>II - Forma y tamaño</i>	22
<i>III - Tipos de combustible</i>	24

<i>IV - Límites de inflamabilidad</i>	28
<i>V - Temperaturas de combustión</i>	29
<i>VI - Fichas internacionales de seguridad</i>	32
<b><u>Incendios Confinados</u></b>	<b>35</b>
Evolución de las temperaturas	37
Gases de incendio	39
<i>I - Gases de combustión</i>	40
<i>II - Comportamiento del humo</i>	41
<i>III - Plano neutro</i>	42
Desarrollo de las llamas	45
<i>I - Desarrollo interior inicial</i>	46
<i>II - El Rollover</i>	48
<i>III - El Flashover</i>	49
<i>IV - El Backdraft</i>	50
<b><u>Extinción a bordo</u></b>	<b>52</b>
Extintores portátiles y su uso	55
<i>I - Extintor de polvo</i>	56
<i>II - Extintor de CO<sub>2</sub></i>	57
<i>III - Extintores de espuma</i>	59
<i>IV - Extintores para fuegos de metales</i>	60
Técnicas de lucha contra incendios confinados	61

<i>I - El agua como agente extintor</i>	62
<i>II - Estrategia ofensiva</i>	66
<i>III - Estrategia defensiva</i>	70
<i>IV - Estrategia combinada</i>	72
<i>V - Incendios en cubiertas inferiores</i>	73
<i>VI - Orientación sin visibilidad</i>	74
Material y protocolos contra incendios a bordo	78
<i>I - Sistemas de detección y alarma</i>	79
<i>II - Sistemas de extinción</i>	81
<i>III - Equipos y material de extinción</i>	84
<i>IV - Protocolos contra incendio</i>	96
<i>V - Planos contra incendio</i>	98
<b><u>Conclusiones</u></b>	<b>105</b>
<b><u>Bibliografía</u></b>	<b>108</b>

---



## *Imágenes*

---

Imagen 1 :El triángulo del fuego -	
Fuente: AprendEmergencias	11
Imagen 2 : El tetraedro del fuego -	
Fuente: Slideplayer	12
Imagen 3 : La transferencia del calor -	
Fuente: Texfire.net	17
Imagen 4 : Propagación por conducción estructural -	
Fuente: wgcv.me	18
Imagen 5 : Trasferencia por convección -	
Fuente: IES dmjac	19
Imagen 6 : Pirólisis sobre madera -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	22
Imagen 7 : Según su forma el combustible arde a diferentes velocidades -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	23
Imagen 8 : Ficha de Seguridad Internacional del Metano -	
Fuente: INSHT	33
Imagen 9 : Reacción del CO en contacto con los glóbulos rojos -	
Fuente: Inacif	41
Imagen 10 : Extensión del humo entre plantas -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	42

Imagen 11 : Plano neutro en recintos -	
Fuente: Bomberos Cajeme	43
Imagen 12 : Plano neutro en un incendio estructural extendido -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	44
Imagen 13 : Características iniciales de un incendio confinado -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	46
Imagen 14 : Rollover -	
Fuente: Blog.prefire.es	48
Imagen 15 : Flashover en habitación común -	
Fuente: Mercotecresa.es	49
Imagen 16 : Backdraft por apertura de puerta -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	50
Imagen 17 : Extintor de polvo ABC -	
Fuente: Axarquia	56
Imagen 18 : Extintor de CO <sub>2</sub> -	
Fuente: Proextintor	57
Imagen 19 : Extintor de espuma -	
Fuente: Proextintor	59
Imagen 20 : Extintor tipo D clase 571 para fuegos en presencia de Litio -	
Fuente: Amerex	60
Imagen 21 : Perturbación de la estratificación térmica por agua mal aplicada -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	62

Imagen 22 : Estrategia ofensiva -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	66
Imagen 23 : Estrategia defensiva -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	70
Imagen 24 : Ataque combinado -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	72
Imagen 25 : Cámara térmica siendo usada por un bombero -	
Fuente: Dräger	74
Imagen 26 : Imágenes térmicas -	
Fuente: Flir	75
Imagen 27 : Entrenamiento en entornos con humo y visibilidad reducida -	
Fuente: Bomberos Voluntarios de Granadilla de Abona	76
Imagen 28 : Cuadro de control contra incendios -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	79
Imagen 29 : Detector de humo -	
Fuente: Quotatis	79
Imagen 30 : Timbre de alarma -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	80
Imagen 31 : Pulsador de alarma contra incendios -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	80

Imagen 32 : Funcionamiento de un sprinkler -	
Fuente: <a href="http://expower.es">expower.es</a>	81
Imagen 33 : Relación de color de ampollas -	
Fuente: <a href="http://Mantenencias.com">Mantenencias.com</a>	81
Imagen 34 : Rociador de espuma -	
Fuente: <a href="http://Clusterincendis.com">Clusterincendis.com</a>	82
Imagen 35 : Espuma de alta expansión inundando una nave -	
Fuente: <a href="http://Prefire.es">Prefire.es</a>	82
Imagen 36 : Botellas de CO <sub>2</sub> montadas -	
Fuente: <a href="http://Famaseg.com">Famaseg.com</a>	83
Imagen 37 : Rociador de gas -	
Fuente: <a href="http://Horequipeairepure.com">Horequipeairepure.com</a>	83
Imagen 38 : Pañol de seguridad con su respectiva señalización -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	84
Imagen 39 : Cajón contra incendios y material en su interior -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	85
Imagen 40 : Casco de intervención a bordo -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	85
Imagen 41 : Casco profesional -	
Fuente: <a href="http://Draeger.com">Draeger.com</a>	85

Imagen 42 : Traje de intervención -	
Fuente: Draeger.com	86
Imagen 43 : Tripulante de la marina mercante con traje de intervención -	
Fuente: DocPlayer	86
Imagen 44 : ERA -	
Fuente: GlobalSafety	87
Imagen 45 : Marcara contra incendios -	
Fuente: Draeger	88
Imagen 46 : Cajón y material para el uso de espuma -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	89
Imagen 47 : Garrafa de espumogeno -	
Fuente: Naffco.com	89
Imagen 48 : Sistema de espuma con mezclador y espadín -	
Fuente: LeaderGroup	90
Imagen 49 : Lanza de espuma para baja expansión -	
Fuente: LeaderGroup	90
Imagen 50 : Lanza de espuma para media expansión -	
Fuente: Uralasolutions	91
Imagen 51 : BIE interior -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	92

Imagen 52 : Cajón CI exterior y conexión -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	92
Imagen 53 : Lanza contra incendios a bordo -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	93
Imagen 54 : Chorro, cono de ataque y cortina o pantalla defensiva en un lanza contra incendios -	
Fuente: AprendEmergencias	93
Imagen 55 : Lanza profesional contra incendios -	
Fuente: LeaderGroup	94
Imagen 56 : Lanza profesional contra incendios con gatillo para interiores -	
Fuente: LeaderGroup	94
Imagen 57 : Lanza nebulizadora -	
Fuente: Axaton S.L	95
Imagen 58 : Uso de la lanza nebulizadora -	
Fuente: Axaton S.L	95
Imagen 59 : Cuadro de obligaciones para casos de emergencia situado en zona común -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	96
Imagen 60 : Ventilaciones y tapas de cierre -	
Fuente: Buque Esperanza del Mar	97
Imagen 61 : Fragmento de plano contra incendios -	

Fuente: TFG - Diseño del sistema contra incendios en un buque Ro - Pax  
98

Imagen 62 : Planos contra incendio en zona de acceso -

Fuente: Buque Esperanza del Mar

99

## ***Tablas***

---

Tabla 1 : Pérdidas totales de buques según causas 2008-2017 -	
Fuente: AGCS Safety Review 2018	5
Tabla 2 : Número y porcentaje de sucesos por tipo en España, 2017 -	
Fuente: CIAIM Memoria Anual 2017	6
Tabla 3 : Calor específico de algunos sólidos y líquidos -	
Fuente: Física para la ciencia y la tecnología, Tipler, ed. Reverte	15
Tabla 4 : Rangos de inflamabilidad -	
Fuente: Fichas Internacionales de Seguridad Química	28
Tabla 5 : Relación diámetro-superficie de gotas de agua -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	64
Tabla 6 : Simbología en planos contra incendios a bordo -	
Fuente: Catálogo de señalización a accesorios S21 Ashlight Productos fotoluminiscentes	104



## **Gráficas**

---

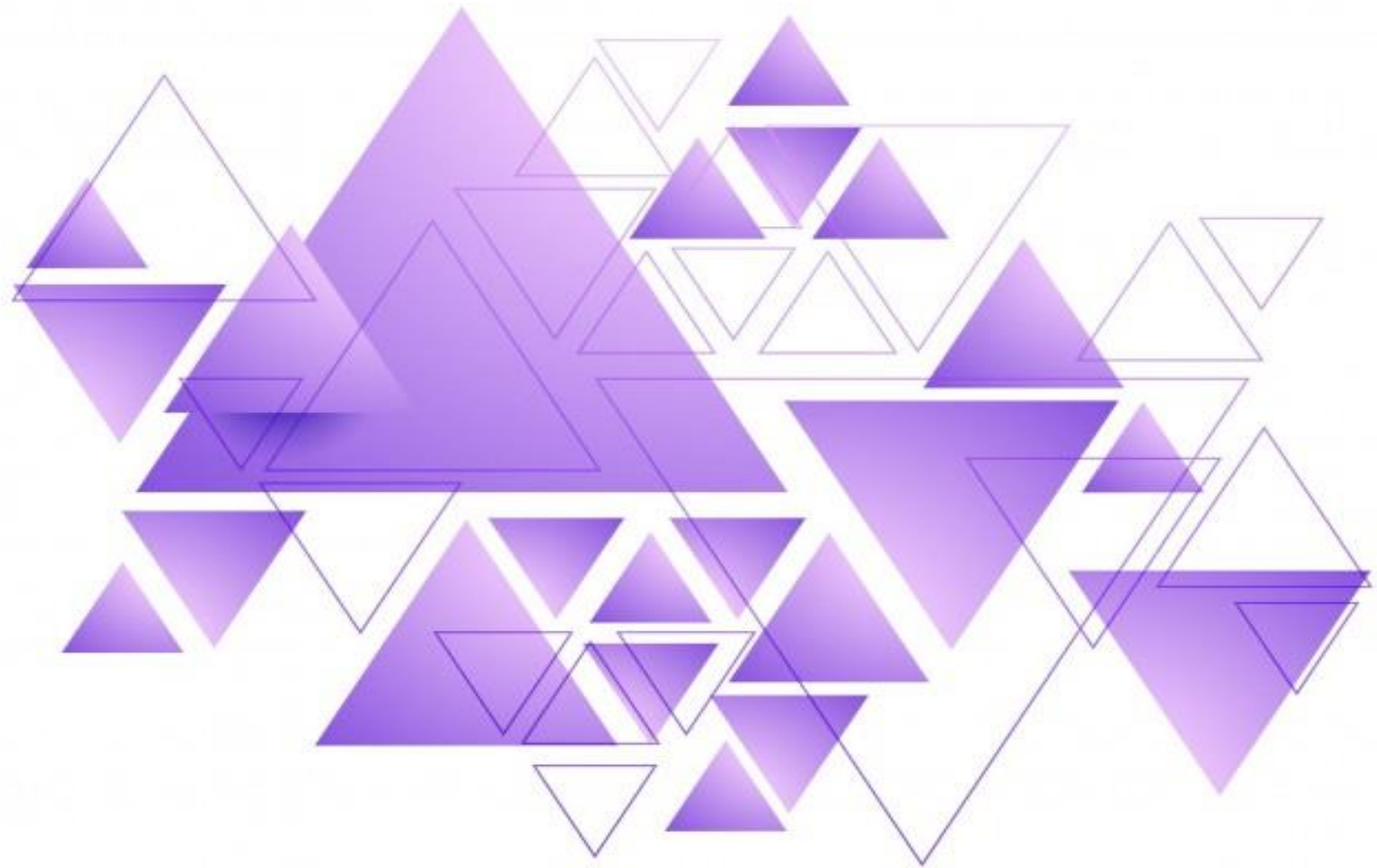
Gráfica 1 : Distribución de incidentes en buques según su naturaleza -	
Fuente: EMSA Annual Overview 2018	4
Gráfica 2 : Principales 5 causas de pérdida del buque -	
Fuente: AGCS Safety Review 2018	5
Gráfica 3 : Principales causas de accidente -	
Fuente: EMSA Annual Overview 2018	7
Gráfica 4 : Variación de la temperatura en un recinto según el tiempo y la altura del recinto -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	37
Gráfica 5 : Variación de temperatura según tiempo transcurrido -	
Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I	38

## *Acrónimos*

---

<b>BIE:</b>	Boca de Incendio Equipada
<b>CIAIM:</b>	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos
<b>Código SSCI:</b>	Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios
<b>EMSA:</b>	European Maritime Safety Agency
<b>EPI:</b>	Equipo de Protección Individual
<b>ERA:</b>	Equipo de Respiración Autónomo
<b>IMDG:</b>	International Maritime Dangerous Goods
<b>INSHT:</b>	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
<b>OMI:</b>	Organización Marítima Internacional
<b>SOLAS:</b>	Safety of Life at Sea

# Introducción



El fuego es sin duda uno de los enemigos más temidos a bordo debido a las complicaciones que este genera a la hora de su extinción, los equipos de bomberos profesionales dedican meses de estudio y años de simulacros, preparación y experiencias reales para comprender el arte de la extinción pues existen gran cantidad de variables, condiciones y riesgos en el momento de luchar contra las llamas.

Si bien en tierra una vez producido el incendio tenemos la posibilidad de llamar a los servicios de emergencia y esperar a que el servicio de bomberos acuda en nuestra ayuda en 20, 30 o hasta 40 minutos, en el mar no existe esta opción y la tripulación se encuentra sola e irremediamente obligada a luchar contra esta amenaza o elegir una opción extrema, abandonar el buque.

Las consecuencias sociales y económicas derivadas de la pérdida del buque suelen ser elevadas para las empresas y aseguradoras implicadas, así como para las tripulaciones cuando se producen pérdidas de vidas, por lo que evitar estos riesgos por medio de la prevención es la mejor medida. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos y de la estricta normativa aplicada por la OMI, los incendios siguen siendo una realidad y por ello las tripulaciones deben prepararse para una posible intervención en cualquier momento y ubicación del buque.

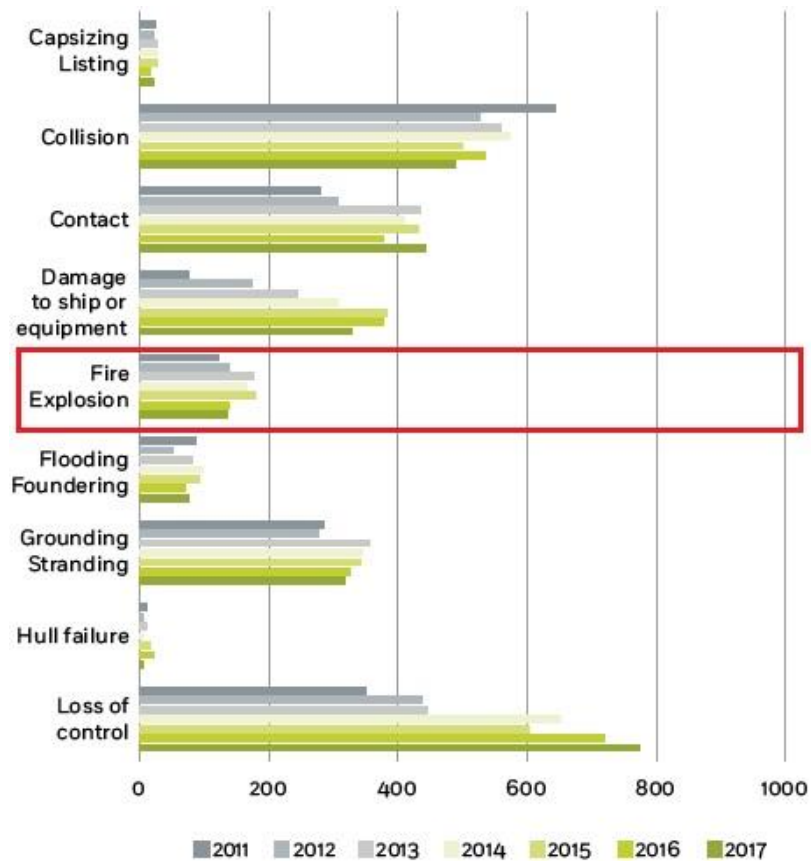
## ***Antecedentes***

---

A raíz del mundialmente conocido accidente del Titanic en abril de 1912 se produce la primera reunión para establecer las bases en cuanto a seguridad en el ámbito marítimo se refiere, apareciendo por primera vez requerimientos en torno a la lucha contra incendios en el Convenio SOLAS firmado en Londres el 20 de enero de 1914. Pero no fue hasta la aparición de la edición del Convenio de 1974 regulado por la OMI en la que aparecerían los primeros sistemas de detección y extinción automáticos, como los sprinkler, de manera obligatoria.

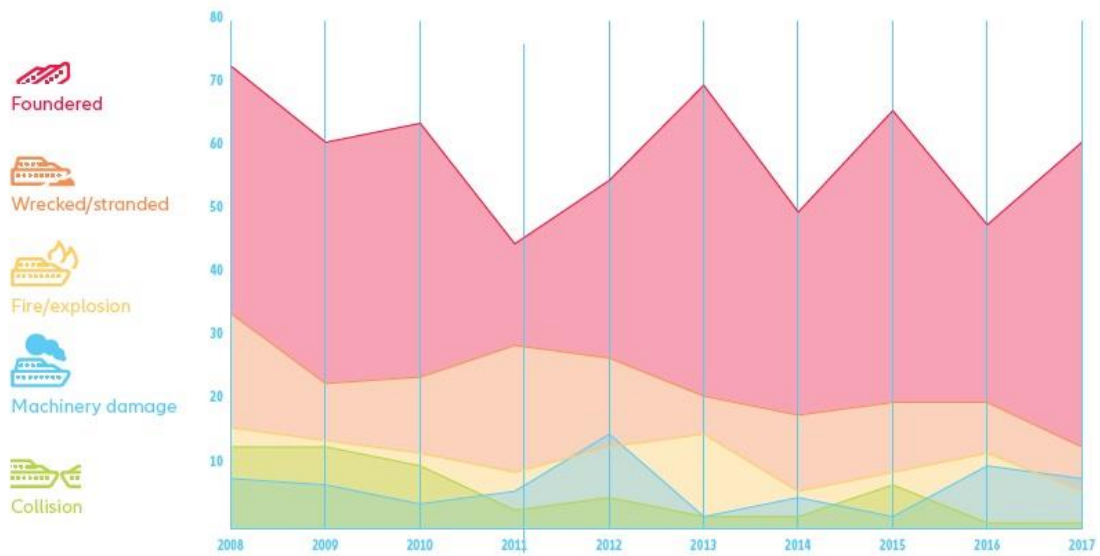
Actualmente los sistemas de lucha contra incendios se rigen por el “Capítulo II-2: Construcción - Prevención, detección y extinción de incendios” de dicho Convenio en su última revisión, que entró en vigor el 1 de enero de 2016. Además, en Julio de 2002, se incluye por medio de la Resolución MSC 98(73) el Código SSCI con el objetivo de proporcionar especificaciones técnicas para los sistemas contra incendios, en los capítulos de este código se incluyen características mínimas de los materiales y equipamiento a utilizar por la tripulación en caso de incendio, entre otros aspectos. [11]

Si bien los incendios y explosiones son temidos debido a sus consecuencias, de los 1,129 casos registrados entre 2008 y 2017 tan solo 112 se corresponden con incidentes relacionados con el fuego, haciendo el cálculo estos representan entorno al 10% de los accidentes registrados según el informe de la AGCS Safety Review 2018 en su informe anual sobre accidentes e incidentes marítimos. [9]



Gráfica 1: Distribución de incidentes en buques según su naturaleza - Fuente: EMSA Annual Overview 2018

Aunque esta estadística incluye conatos de incendio de carácter leve, por lo que los casos más graves los cuales implican la pérdida de buque son menores, siendo un total de 6 buques perdidos por incendio o explosión en el año 2017, de un total de 94 incidentes registrados para este año, colocando esta causa como las tercera en cuanto a las causas más frecuentes de pérdida de buques en casi todos los años como se muestra en el siguiente gráfico.



Gráfica 2: Principales 5 causas de pérdida del buque - Fuente: AGCS Safety Review 2018

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL
Foundered (sunk, submerged)	73	61	64	45	55	70	50	66	48	61	593
Wrecked/stranded (grounded)	34	23	24	29	27	21	18	20	20	13	229
Fire/explosion	16	14	12	9	13	15	6	9	12	6	112
Machinery damage/failure	8	7	4	6	15	2	5	2	10	8	67
Collision (involving vessels)	13	13	10	3	5	2	2	7	1	1	57
Hull damage (holed, cracks, etc.)	4	8	4	3	7	1	5	2	4	5	43
Miscellaneous	1	2	6	1	1	1	2		1		15
Contact (e.g harbor wall)	1	1			2		1				5
Missing/overdue	1		1						2		4
Piracy		1	2	1							4
<b>Total</b>	<b>151</b>	<b>130</b>	<b>127</b>	<b>97</b>	<b>125</b>	<b>112</b>	<b>89</b>	<b>106</b>	<b>98</b>	<b>94</b>	<b>1,129</b>

Tabla 1: Pérdidas totales de buques según causas 2008-2017 - Fuente: AGCS Safety Review 2018

Estos son datos a nivel internacional tomando el registro de los diferentes países implicados en la creación de estas estadísticas, en España la organización encargada de realizarlas anualmente es el CIAIM. En 2018 presento los últimos datos de accidentes en nuestro país, siendo los siguientes:

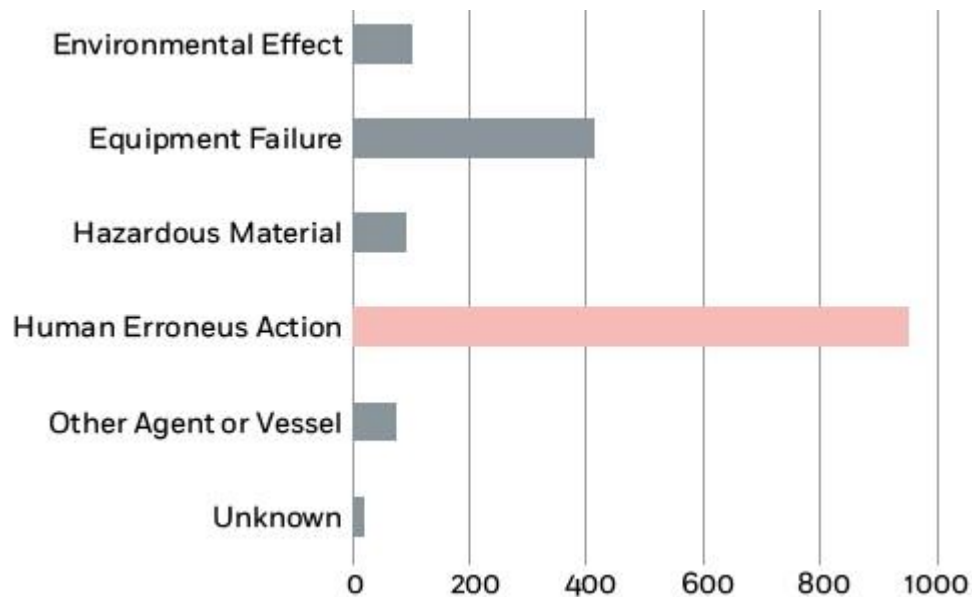
Tipología de sucesos ocurridos en el año	Número de sucesos notificados a la CIAIM		Número de sucesos Investigados	
Abordaje	17	6%	4	13%
Accidente operacional	28	9%	3	10%
Colisión	8	3%	1	3%
Daño al barco o al equipo	10	3%	0	0%
Evento no accidental	2	1%	0	0%
Fallo estructural	1	0%	0	0%
Incendio / explosión	19	6%	5	17%
Inundación/hundimiento	18	6%	5	17%
Pérdida de control	181	61%	3	10%
Varada/embarancada	9	3%	5	17%
Vuelco/escora	5	2%	4	13%
<b>Total</b>	<b>298</b>	<b>100%</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>

Tabla 2: Número y porcentaje de sucesos por tipo en España, 2017 - Fuente: CIAIM Memoria Anual 2017

Como se puede observar, España se mantiene en la media de un 6% de incendios/explosiones respecto al total de incidentes registrados. [8]



Un dato interesante aportado por la EMSA son los factores por el cual se dan estos incidentes.



Gráfica 3: Principales causas de accidente - Fuente: EMSA Annual Overview 2018

Según este informe “del total de 1645 incidentes investigados, el 57.8% fueron atribuidos a errores humanos”, al igual que ocurre con el general de los incidentes con los incendios a bordo ocurren los mismos errores humanos que producen que el incendio se extienda, bien por un uso tardío del extintor o por acciones erróneas durante el control de un incendio en desarrollado debido a la falta de formación y práctica por parte de la tripulación ya que dominar estos procesos lleva años de prácticas y experiencia a los equipos de bomberos. [7]

## *Objetivos*

---

El objetivo principal de este documento es centrarse en los incendios generados en espacios cerrados a bordo de un buque, en los cuales el fuego se ha desarrollado y por tanto sea necesaria la intervención de un equipo humano para su extinción, excluyendo así las intervenciones rápidas mediante el uso de extintor, el estudio de los sistemas automáticos de extinción y los incendios en bodegas los cuales solo requieren grandes cantidades de agua lanzada desde el exterior o uso de sistemas de espuma para su extinción.

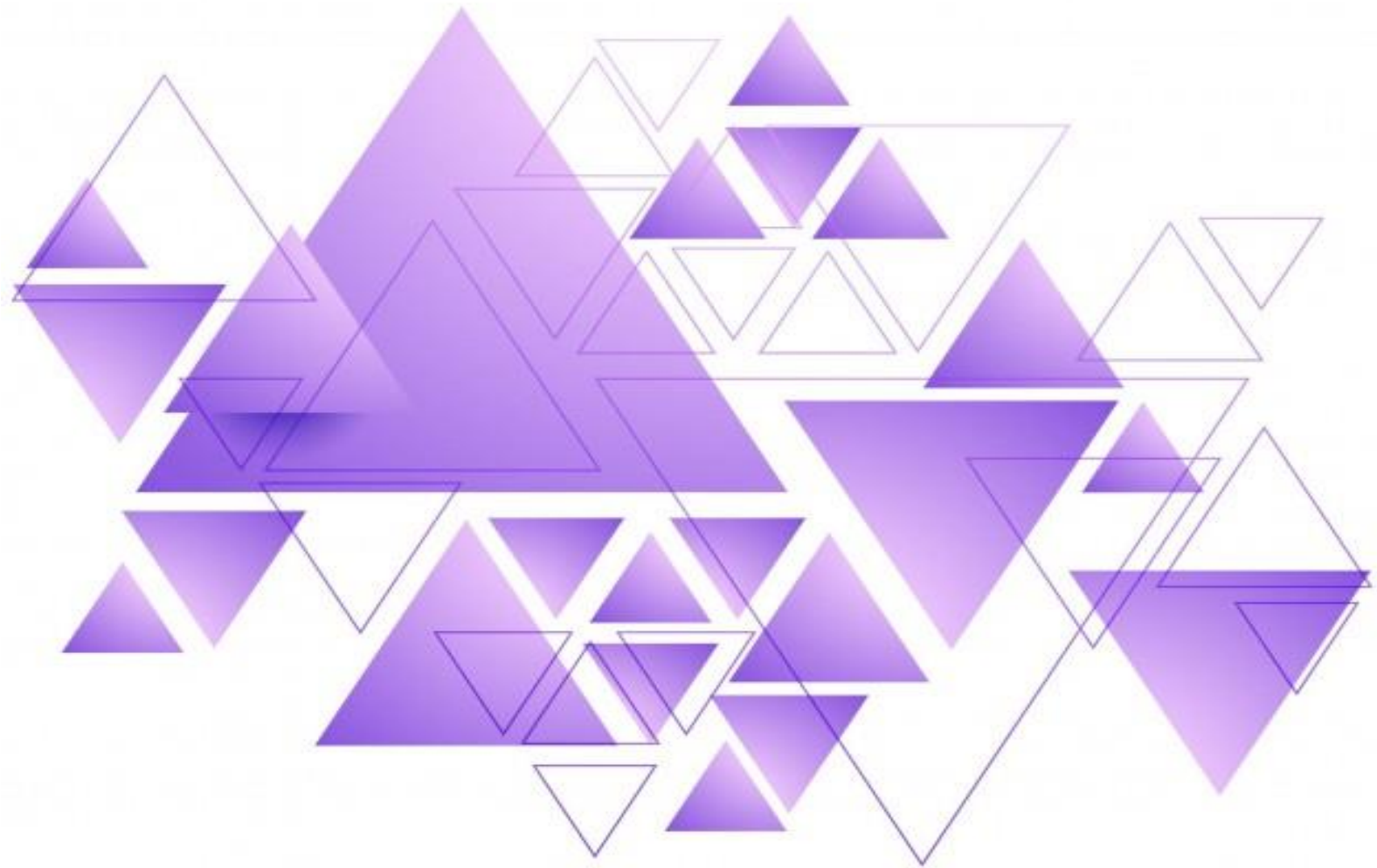
Para cumplir el objetivo se utilizarán como referencia los utilizados por los equipos de bomberos profesionales y se compararan con los utilizados a bordo mostrando durante el desarrollo del proyecto los diferentes pasos, para ello se procurará mostrar lo siguiente:

- Comportamiento y naturaleza del fuego
- Comparación de materiales contra incendios
- Muestra de protocolos ante incendios estructurales en tierra y sus aplicaciones a bordo
- Entrenamiento necesario
- Limitaciones de la normativa
- Comparación de protocolos de actuación
- Técnicas de control de incendios
- Diferentes riesgos en tierra y a bordo
- Carencias de la formación contra incendios del marino
- Factores psicológicos

Una vez desarrollado los diferentes apartados se obtendrá una conclusión lo más crítica posible de lo observable a bordo de los buques en comparación con los bomberos profesionales.

Como objetivos secundarios se realizará un estudio de imágenes tomadas por tripulaciones o pasajeros durante casos reales o entrenamientos, generando un análisis de estas para mostrar y comparar usando los contenidos desarrollados en los objetivos principales.

# El Fuego



El fuego es considerado una reacción de oxidación a alta velocidad del material que arde en la cual se da una reacción química de carácter exotérmico, para que este se produzca deben darse tres componentes básico que son el combustible, el comburente y la energía necesaria para iniciar la reacción en cadena que dé lugar a este fenómeno natural, si bien no es necesaria la aparición de llama para que se produzca un incendio como es comúnmente considerado.

En este capítulo mostraremos los diferentes aspectos relacionados con el comportamiento de las llamas como las reacciones químicas que se producen durante la combustión, los componentes necesarios para la producción de llamas comúnmente mostrados a través del triángulo o tetraedro del fuego así como el estudio individual de cada uno y su relación, las diferentes formas de transmisión del calor y por tanto como tomar precauciones, las diferentes definiciones de temperaturas a las que arden los materiales. Entre otra información básica que será incluida a lo largo de la sección.

El siguiente contenido será necesario tenerlo en cuenta para los próximos capítulos en los cuales se le hará referencia a la hora de combatir un incendio, por lo que en esta sección no se mostrará como luchar contra el fuego, solo sus principios iniciales.



*Imagen 1:El triángulo del fuego - Fuente: AprendEmergencias*

El modelo del triángulo del fuego es utilizado para ilustrar los 3 componentes básicos del fuego y crear una idea relativamente sencilla del mismo. Este sin embargo no explica cada uno de ellos y solo sirve como recordatorio a la hora de extinguir ya que igual que son necesarios los tres para su producción, eliminando uno de ellos seremos capaces de acabar con la reacción de combustión.

Versiónes más modernas del mismo incluyen la reacción en cadena para los incendios en los cuales se da la aparición de llama, denominándose el tetraedro del fuego, algunos tipos de extintores atacan esta parte del fuego para evitar su propagación.



*Imagen 2: El tetraedro del fuego - Fuente: Slideplayer*

## *El comburente*

---

[1] El comburente o agente oxidante es básicamente el componente que permite mantener la reacción química, el principal comburente que podemos encontrar en la naturaleza es el oxígeno y dada su abundancia en la atmósfera entorno al 21% se puede considerar una parte del triángulo del fuego aunque algunos tipos de combustibles clasificados como mercancías peligrosas del tipo -5.2- son capaces de generar su propio comburente durante la reacción química producida en el incendio por lo que estos materiales deben ir completamente señalizados a bordo según el código IMDG.

En incendios confinados el oxígeno disponible en el recinto es consumido rápidamente creando una atmósfera pobre en este componente por lo que para acceder al interior del recinto será necesario el uso equipos de respiración personal (ERA) ya que el ser humano necesita de un 21% para respirar y un incendio confinado incapaz de soportar la llama se da un índice menor del 15% de oxígeno, valor para el cual el ser humano comienza a perder funciones motoras y concentración. Debido a que el incendio se puede ahogar por la falta de comburente en su propio humo, es común que en todos los protocolos contra incendios de los buques se obligue al cierre de conductos de ventilación evitando así alimentarlo e incluso pudiendo ser extinguido por sofocación, siendo este último el término utilizado cuando tratamos de eliminar este elemento para combatir el fuego.

Los extintores y equipos de CO<sub>2</sub> combaten por sofocación - y enfriamiento- los incendios ya que este componente es capaz desplazar el oxígeno de un recinto, extinguiendo de esta manera el incendio, aunque siendo también peligroso su uso para las personas en espacios demasiado pequeños pues igualmente pueden quedar asfixiados. La normativa exige que recintos protegidos por este tipo de agente extintor se encuentren debidamente señalizados y tengan una alarma de aviso en caso de disparo del sistema de CO<sub>2</sub>.

Algunos productos oxidantes además son capaces de hacer arder al fuego con mayor intensidad como el Hipoclorito Cálcico (Ca[ClO]<sub>2</sub>) o el agua oxigenada.

## ***El calor***

---

El calor en el triángulo del fuego es conocido como la energía o chispa inicial necesaria para dar lugar a la llama en las condiciones propicias, sin embargo, su definición física va más allá de este concepto. Los átomos y moléculas de las que están compuestos todos los elementos no se encuentran en reposo, sino que vibran de manera constante entorno a una posición, si aportamos energía a este sistema aumentaremos la vibración de dichas partículas, incrementando así la denominada energía interna del cuerpo estudiado según las leyes de la termodinámica que tenderá a calentarse o enfriarse si disminuimos esta energía interna.

La temperatura de un cuerpo y su energía interna o calor se encuentran intensamente relacionados, pues varían de manera constante en relación el uno con el otro. Sin embargo, la temperatura se define como la media de la energía cinética del total de partículas contenidas en el objeto.

La unidad de medida estándar para el calor es la caloría, siendo considerada como unidad base a la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius.

### ***I - La capacidad térmica y el calor específico***

[2] Se define a la capacidad térmica o calorífica “*C*” como a “*la cantidad de energía necesaria para elevar en un grado Celsius la temperatura de una sustancia*”, la cual depende del tipo de material, de su tamaño y de la unión de sus partículas.

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

Siendo “*Q*” la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un sistema en los valores iniciales y finales de la temperatura del material.



Por otra parte, el valor más interesante en cuanto a extinción de incendios se refiere es el calor específico “*c*”, que es la capacidad térmica por unidad de masa.

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$$

Cuanto mayor sea este valor, más cantidad de energía será necesaria para elevar la temperatura de una masa. Este dato es muy útil a la hora de trabajar con los agentes extintores, pues el valor de “*c*” para el agua es mucho más elevado que el de las demás sustancias, teniendo una gran capacidad térmica para almacenar energía térmica que lo convierten en un excelente agente extintor que abunda en la naturaleza, su obtención es relativamente sencilla y económica, además de tener una alta eficacia para refrigerar y sustraer calorías a las llamas en un incendio. Todas estas ventajas lo convierten en el elemento de extinción favorito de los parques de bomberos.

Substance	<i>c</i> , kJ/kg·K	<i>c</i> , kcal/kg·K or Btu/lb·F°	<i>c</i> ′, J/mol·K
Aluminum	0.900	0.215	24.3
Bismuth	0.123	0.0294	25.7
Copper	0.386	0.0923	24.5
Glass	0.840	0.20	—
Gold	0.126	0.0301	25.6
Ice (−10°C)	2.05	0.49	36.9
Lead	0.128	0.0305	26.4
Silver	0.233	0.0558	24.9
Tungsten	0.134	0.0321	24.8
Zinc	0.387	0.0925	25.2
Alcohol (ethyl)	2.4	0.58	111
Mercury	0.140	0.033	28.3
Water	4.18	1.00	75.2

Tabla 3: Calor específico de algunos sólidos y líquidos - Fuente: Física para la ciencia y la tecnología, Tipler, ed. Reverte

## ***II - La temperatura***

[2] La temperatura es definida como el valor medio de la energía cinética de todas las partículas que componen, para medirla se aprovecha la variación de algunas características físicas de los cuerpos sometidos al cambio de este valor como son su longitud, volumen o resistencia al paso eléctrico. Este valor tiene diferentes escalas según el campo en el que trabajemos o la región del mundo en la que nos localicemos, aunque los tres más utilizados actualmente son:

### ***- Escala Celsius (°C)***

Relacionada con el valor a la cual se congela el agua, siendo este valor establecido internacionalmente como 0° C para este punto a presión atmosférica a nivel del mar y unos 100°C para la ebullición del agua.

### ***- Escala Fahrenheit (°F)***

Similar a la escala Celsius, pero más utilizada por los países anglosajones, en esta escala el valor de congelación del agua es 32 °F y su ebullición está marcada a los 212 °F. Con la siguiente relación podemos obtener de manera sencilla los valores de temperatura entre ambas escalas:

$$^{\circ}C = \frac{5}{9} \cdot (^{\circ}F - 32)$$

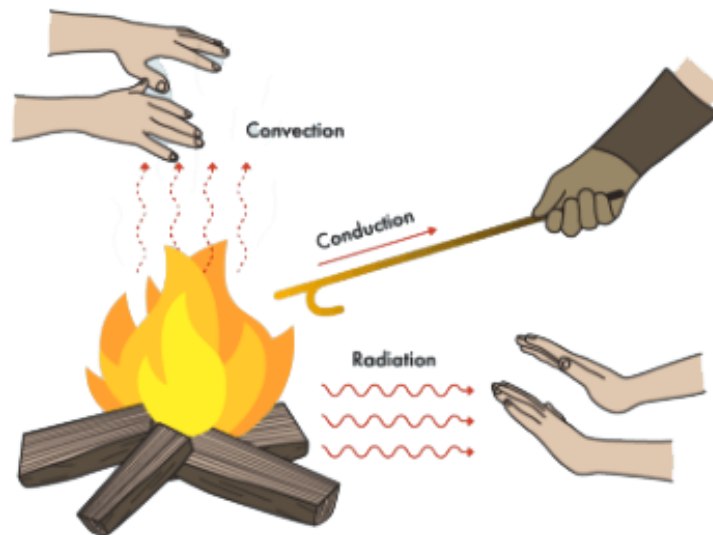
### ***-Escala Kelvin (°K)***

Escala utilizada principalmente en termodinámica para entornos científicos y de ingeniería, por lo que todas las fórmulas aplican esta escala. Su relación de valores es similar a la escala Celsius, pero el valor más bajo de la escala es denominado el cero absoluto donde como base se establece el punto en el cual toda molécula deja de vibrar y el movimiento se detiene. Este valor de 0°K corresponde a unos -273°C por lo que el valor para el cual el agua se congela corresponde a 273°K aproximadamente.

$$^{\circ}C = ^{\circ}K - 273.15$$

### **III - La transferencia de calor**

[1] El calor se transmite dentro de un mismo material debido a la vibración de las moléculas del mismo, igualmente la energía térmica se transmite entre cuerpos desde el más caliente al más frío incrementando así la temperatura de este último paulatinamente.



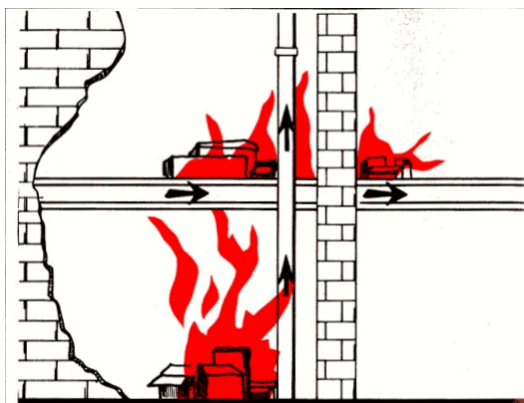
*Imagen 3: La transferencia del calor - Fuente: Texfire.net*

La transferencia de calor es un muy importante para entender como un incendio es capaz de extenderse dentro de un recinto e incluso hacia otras ubicaciones a través de cubiertas o paredes sin necesidad del paso de llama. El calor se transmite de tres formas.

#### **- Conducción**

La conducción se produce por contacto directo entre dos cuerpos a distinta temperatura, en el caso de contacto de llamas o gases calientes durante un incendio con las paredes de un recinto se produce un incremento de la vibración de los átomos expuestos al calor, esta vibración se extiende a los átomos de otras regiones del material, transmitiendo así el calor dentro del material. Se debe tener especial precaución con los buques, pues los metales son los mejores conductores de calor y los barcos son en su mayoría fabricados en acero, cuyo factor de conductividad térmica es entorno al 50.

Un incendio en un camarote puede extenderse a camarotes contiguos o cubiertas superiores debido a la conducción, los materiales de las áreas que se encuentren en contacto con la superficie caliente pueden comenzar a mostrar fenómenos de pirólisis y llegar al punto de autoignición del material, ardiendo sin necesidad de contacto con llama. Las brigadas de extinción a bordo deben tener muy en cuenta este fenómeno para evitar la propagación.



*Imagen 4: Propagación por conducción estructural - Fuente: wgcv.me*

### **- Radiación**

La radiación es una forma de transmisión del calor por medio de ondas electromagnéticas, lo que implica que puede trasladarse por el vacío sin necesidad de un intermediario material para su propagación, como el calor de nuestra estrella nos llega hasta La Tierra por medio de kilómetros de espacio. Los objetos más calientes radian energías infrarrojas y ultravioletas sobre los más fríos, esta energía es absorbida por las moléculas del material con menor temperatura incrementando la vibración molecular y comenzando la transmisión del calor al resto del compuesto por conducción.

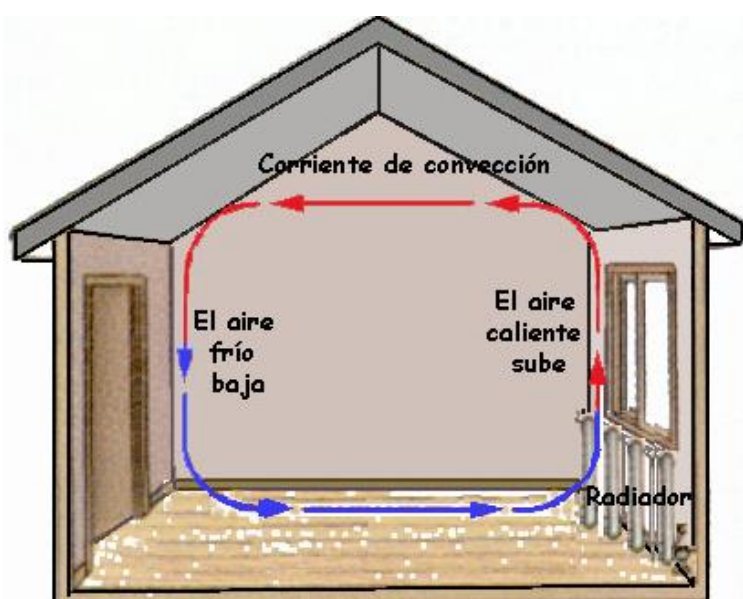
Estas radiaciones pueden ser disminuidas por medio del uso de coberturas, al igual que la sombra nos alivia el calor del sol, si un bombero se cubre tras un objeto opaco como un sofá o una mesa durante la extinción de las llamas, evitará gran parte de la radiación, limitando así el estrés térmico sufrido y pudiendo prolongar la intervención. En parejas de dos durante la extinción incluso los miembros se cubren unos con otros sino existe cobertura, así el bombero encargado de extinguir con la lanza recibirá toda

la radiación mientras que el segundo se mantendrá recibiendo menor cantidad de calor, al realizar el relevo este último tendrá mayor frescura para actuar.

La radiación no solo proviene de la llama, también los gases calientes que se desplazan por el techo radian energía sobre los objetos que tienen debajo, siendo un dato importante para la propagación del incendio en fases avanzadas.

### - *Convección*

La convección es un fenómeno que se da entre fluidos líquidos o gaseosos, debido a los leves cambios de densidad que se producen en estos fluidos cuando existe una diferencia de temperatura entre sus moléculas se producen corrientes ascendentes en el interior de los mismos. Los fluidos calientes son algo menos densos que los fríos, por tanto, estos tienen a ascender a las capas superiores mientras que los de menor temperatura quedan en las inferiores.



*Imagen 5:  
Trasferencia por  
convección - Fuente: IES  
dmjac*

Este fenómeno da lugar en los océanos a las denominadas corrientes termohalinas, pues las aguas frías de

los polos fluyen hacia áreas más calientes en el ecuador a medida que se calientan, desplazando de nuevo las calientes hacia las zonas frías creando un ciclo sin fin.

En el caso de un incendio con foco de llamas, tenemos algo similar pero sin agua, nuestro fluido en nuestro caso serán los gases confinados dentro del recinto. Estos gases calientes tocan techo y se comienzan a acumular, mientras que el fuego calienta de nuevo los gases más fríos de la zona inferior creando el mismo ciclo que con los líquidos.

Este efecto hace que el mejor lugar para escapar de los gases calientes sea junto al suelo, pues las diferencias de temperaturas entre el techo y el suelo suelen ser mayores de 200°C.

## ***Los combustibles***

---

[1] Los combustibles son el ingrediente principal de cualquier incendio, sin el no sería posible mantener en el incendio durante un largo periodo de tiempo. Se definen como cualquier sustancia susceptible de producir combustión y pueden presentarse en cualquiera de las tres formas de la materia -sólido, líquido o gas-.

Todos los combustibles arden en su fase gaseosa debiendo por tanto transformarse en el proceso, por ejemplo en los líquidos las moléculas que se desprenden de su capa superficial serán las que produzcan el incendio en caso de entrar en contacto con una fuente de energía como una chispa siendo solamente la superficie del fluido líquido la que arde, si un recipiente con 10.000 litros de combustible se encuentra ardiendo y solo 1m<sup>2</sup> de su superficie se encuentra en contacto con el comburente entonces se considera que arde solo la parte en llama, mientras que el resto del combustible se encuentra adquiriendo energía interna y se va evaporando para continuar alimentando el incendio sin entrar en combustión todo del recipiente al mismo tiempo debido a que este debe ser evaporado previamente.

El caso de los sólidos es bastante peculiar pues, aunque intuitivamente se piensa que el combustible arde en este estado, es incorrecto. Para que un sólido arda, su material superficial pasa previamente por un proceso de descomposición térmica denominado pirólisis que será explicado a continuación.

Los gases son los únicos que no precisan ningún tipo de transformación para su combustión, solamente deben encontrarse en las proporciones adecuadas.

### ***I - La pirólisis***

La pirólisis es un concepto difícil de entender para aquellos que no lo han escuchado previamente. Cuando una mesa de madera está en llamas los bomberos nos dicen que no arde la mesa sólida en sí, sino que arden los gases combustibles que se

desprenden de esta durante el proceso de descomposición por lo que finalmente quedan las cenizas residuales que no pueden ser quemadas.

Por lo tanto, si aplicamos suficiente calor a un material sólido, en primer lugar, observaremos un humo blanco saliendo del mismo que es el vapor de agua que contiene el material, dentro de un incendio este es el primer signo de que un material está a punto de entrar en combustión. Posteriormente al vapor de agua, el material comenzará a desprender gases tóxicos y combustibles que cuando sean lo suficientemente abundantes darán lugar a una reacción de combustión auto sostenida alimentando el incendio con las condiciones adecuadas de concentración y temperatura.

Las moléculas derivadas de esta descomposición pueden ser sólidas, líquidas o gaseosas, en este momento comenzaremos a observar una decoloración en la superficie del compuesto al cual se le está aplicando calor.



En conclusión, no arde el sólido en sí, sino los gases y vapores que se derivan de este cuando se descomponen por efecto del calor.

*Imagen 6: Pirólisis sobre madera*

*- Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

## **II - Forma y tamaño**

Al igual que usábamos el ejemplo de un recipiente de combustible líquido en el cual solo una limitada superficie se encontraba ardiendo, ocurre lo mismo en cuanto a los sólidos. Según la cantidad de superficie y masa que se encuentre en contacto con llama, arderá con mayor o menor facilidad un combustible, un ejemplo común suele ser una pequeña llama aplicada sobre un viga de madera la cual difícilmente será capaz de



hacer entrar en combustión al material, sin embargo al aplicar la misma llama sobre la misma cantidad de madera en forma de virutas nos producirá llama con mayor velocidad, puesto que la superficie de virutas sumada sobre la que se aplica la llama será mayor que la superficie de la viga original.



*Imagen 7: Según su forma el combustible arde a diferentes velocidades - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

Otro ejemplo menos conocido se produce con la harina común utilizada para hacer pan, la harina es considerada un comestible inocuo incapaz de alimentar un incendio pero cuando esta se pulveriza en el aire y se le aplica una llama es capaz de producir inflamación esto es especialmente peligroso en buques graneleros con grandes bodegas cargadas de trigo pues el movimiento del buque produce fricción entre los granos que se desmenuzan y van cargando la atmósfera de harina en polvo, si se acerca una llama o se produce chispa por efecto de la electrostática en esta atmósfera podría dar lugar a una explosión al encontrarse en un lugar confinado.

Lo mismo ocurre con los combustibles líquidos, en la imagen superior se muestra como aplicando llama a un tipo de gasoil a temperatura y presión ambiente no se produce combustión alguna, incluso seríamos capaces de apagar una cerilla en el

interior del recipiente y no se daría combustión, pero cuando pulverizamos la misma sustancia sobre la llama se produce la ignición de manera casi inmediata.

### ***III - Tipos de combustible***

Los combustibles en un incendio se encuentran clasificados a nivel europeo según el estado inicial en el que se encuentre el material al arder o la presencia de ciertos elementos situacionales, están clasificados por letras alfabéticas y si bien es cierto algunas diferencias respecto al sistema de clasificación americano en este documento solo mostraremos el modelo europeo UNE-EN 2. El tipo de incendio también nos indica indirectamente una forma de actuación ante el material que nos encontramos, por lo que es ampliamente enseñado durante los cursos de formación tanto para marinos como cualquier personal de tierra.

#### ***-Tipo A: Sólidos***

En los fuegos tipo A son considerados aquellos materiales que mantienen su estructura un determinado tiempo mientras arden y generan brasas como pueden ser las maderas, el carbón, los tejidos como cortinas o alfombras, el mobiliario, etc. El protocolo más común de actuación ante este tipo es el uso de agua a presión con el objetivo de penetrar en el material y enfriar el interior del material para reducir su calor interno, evitando posibles re-igniciones. El polvo polivalente de los extintores portátiles también es altamente efectivo en conatos de materiales sólidos, al aplicarse el polvo crea una fina película sobre el material que aísla el material del comburente u oxígeno del entorno, extinguiendo así el tipo A. También sistemas de espuma y CO<sub>2</sub> son eficaces contra estos incendios.

#### ***-Tipo B: Líquidos***

Los fuegos tipo B son aquellos en los que el combustible se encuentra en estado líquidos, los ejemplos más comunes son la gasolina, el gasoil o el alcohol. Se debe tener especial cuidado con los plásticos ya que la mayoría de ellos poseen un bajo punto de fusión, estos al calentarse se derriten pasando a estado líquido y posteriormente arden por lo que a la hora de extinguirlos se les debe tratar como fuegos de clase B.

El protocolo en estos casos varía con respecto a los sólidos, pues se desaconseja el uso de agua a presión sobre este tipo de incendios, ya que con una presión de ataque elevada podríamos causar salpicaduras o derrames que extiendan el incendio, los derrames son especialmente peligrosos en cubiertas de buques pues el movimiento de este durante la navegación puede extender las llamas por toda el área de la cubierta, por lo que en caso de disponer de agua solamente para su extinción esta debe ser usada de manera pulverizada, siendo poco eficaz si la radiación del incendio es elevada pues esta se evaporaría antes de entrar en contacto la llama.

El mejor agente extintor contra fuegos tipo B es la espuma, las espumas especiales contra incendios nos permiten enfriar el combustible a la vez que crean una película sobre la superficie del líquido que lo aísla del comburente y se desplaza con el movimiento del buque si la espuma es de baja expansión, en el caso de espumas de media y alta expansión podemos crear un colchón mayor de espuma con el que delimitar la región del incendio y posteriormente extinguir. El polvo polivalente de los extintores portátiles y el CO<sub>2</sub> también son efectivos contra este tipo de incendios.

### ***-Tipo C: Gases***

Los fuegos tipo C son aquellos que implican la quema de gases como el butano o el propano durante una fuga, la normativa americana ni siquiera contempla este tipo de fuego ya que como hemos visto anteriormente todos los tipos de combustibles arden finalmente en estado gaseoso tras la pirólisis o su evaporación. Sin embargo, en la normativa europea siguen incluyéndose ya que nos indica un procedimiento de actuación.

En los tipos C se debe recordar que es necesario cortar la fuga de gas por medio del cierre de las válvulas correspondientes y posteriormente actuar sobre la llama si con el corte de gas no fue suficiente para la extinción del incendio. Es muy importante seguir este orden, ya que si primero extinguimos y luego buscamos el corte de gas podríamos tener una bolsa de gas combustible en un entorno cerrado que tiene materiales con altas calorías almacenadas a su alrededor, pudiendo producirse una peligrosa reignición explosiva con personal en su área.

### ***-Tipo D: Metales***

Los fuegos tipo D suelen ser de los más peligrosos, el personal no entrenado los suele confundir como incendios de sólidos comunes tipo A pero los metálicos llevan agregados unos riesgos mayores. El agua en muchos casos se muestra poco eficaz contra este tipo de fuegos como con el potasio, el sodio, el magnesio o el titanio que alcanzan elevadas temperaturas para arder superior incluso a los 600°C, en otros casos como el del aluminio es incluso peligroso la aplicación de agua pues este reacciona de manera explosiva en contacto con el agua.

Los fuegos de metales requieren un tipo de extintor especial para cada tipo de metal en combustión, que debe encontrarse en las inmediaciones de la zona de trabajo del material. Por ejemplo, el litio es una material en auge debido al uso de este en baterías de vehículos eléctricos, el agua no es capaz de reducir este incendio eficazmente pues los bomberos requieren de hasta 5000 litros de agua, cantidad algo superior a la que lleva un camión contra incendios, solo para mantener controlado el incendio de un vehículo eléctrico y esperar hasta que el litio se consuma, por ello la marina estadounidense desarrollo un extintor en base de cobre capaz de reducir estos fuegos de manera rápida y sencilla que no sería eficaz en otros metales.

### ***- Tipo F: Grasas y aceites***

La categoría F se creó específicamente para las grasas y aceites en las cocinas debido al gran número de accidentes que se producen cuando el personal intenta aplicar agua sobre aceite hirviendo para apagar las llamas. El aceite de cocina al hervir lo hace a temperaturas superiores a 200°C, al aplicar agua esta se evapora de manera súbita en contacto con el aceite siendo el volumen del agua evaporada 1700 superior en estado gaseoso con respecto al estado líquido, esta expansión junto a la viscosidad del aceite produce salpicaduras en todas las direcciones generando graves quemaduras y cicatrices irreversibles a las personas cercanas.

Para formar al personal de cocina entre otros se creó esta categoría y se diseñaron compuestos extintores específicos para estos incendios, muchos de ellos montados como sistemas automáticos en las campanas extractoras de humos.

### ***- Fuegos eléctricos***

Si bien hace unos años los fuegos eléctricos tenían asignada la categoría fuego tipo E, actualmente no se encuentran dentro de la normativa europea puesto que la electricidad no arde como elemento, sino lo que arden son los componentes sólidos de los cuadros eléctricos o la cobertura de los cables. Sin embargo, este tipo de fuegos se continúa enseñando en los diferentes cursos de formación debido al riesgo que conlleva el uso de agua y su conducción en presencia de electricidad, por lo que el protocolo indicado es el corte de la corriente en las fases previas de la línea de consumo, en el caso de los buques incluso deteniendo la producción de los motores auxiliares si es necesario.

La mayoría de los materiales extintores de los equipos portátiles poseen resistencia al paso de la corriente de tensiones superiores a los 1000V hasta incluso 6000V. En cuadros comunes de trifásica el máximo son unos 400V, lo que nos deja un amplio margen de actuación sobre cuadros eléctricos a bordo y en tierra, aunque se debe tener especial cuidado en zonas de la máquina que se supere esta tensión. Los extintores de espuma a pesar de usar agua, suelen llevar agua des-ionizada que le permiten resistencias superiores a 1000V que figuran en su etiqueta de fábrica, aun así se desaconseja su uso si se desconocen las características exactas en el momento del uso del agente extintor.

#### ***IV - Límites de inflamabilidad***

Al igual que se deben dar unos niveles de oxígeno para poder obtener la combustión, lo mismo ocurre en el caso de los combustibles. Para que esta arda, la mezcla de vapor del material inflamable con el oxígeno o comburente debe encontrarse dentro de unos rangos específicos que dependen de cada tipo de componente, estos son los denominados límites de inflamabilidad.

El caso del gasoil suele ser usado como ejemplo sencillo, este combustible no es inflamable a temperatura ambiente por lo que podríamos aplicarle una llama y no prendería, siendo la mezcla vapor-oxígeno demasiado pobre. Sin embargo, si incrementamos su temperatura hasta los 100°C se generarán suficientes vapores como para producir una combustión auto sostenida y al aplicar una fuente de energía prenderá el gasoil, esta temperatura corresponde por tanto a su límite inferior de inflamabilidad que se expresa en porcentajes. Al igual que hay un límite inferior tenemos otro límite superior de inflamabilidad, por lo que si superamos la cantidad de gases necesarios no se producirá combustión en contacto con energía de ignición. Se debe tener cuidado pues si incrementamos la cantidad común del 21% de oxígeno en la atmósfera, podemos incrementar el límite superior.

En el caso de la gasolina estos porcentajes corresponden al 1.4% - 7.6%, teniendo un valor intermedio de proporción óptima para la combustión denominado mezcla estequiométrica. Estos porcentajes varían en los diferentes combustibles y pueden ser encontrados en las fichas internacionales de seguridad química para cada compuesto.

<b>Combustible</b>	Metano	Propano	Butano	CO	Hidrógeno
<b>Rango de Inflamabilidad</b>	5 -15 %	2.1 - 9.5 %	1.8 - 8.4 %	12.5 - 74.2 %	4 - 76 %

*Tabla 4: Rangos de inflamabilidad - Fuente: Fichas Internacionales de Seguridad Química*

## ***V - Temperaturas de combustión***

Si bien de manera común se piensa que todos los combustibles arden en contacto directo con llama, esto no es del todo cierto. Todos los materiales deben alcanzar una temperatura previa para ser capaces de mantener la reacción en cadena de un incendio, por ejemplo, el gasoil requiere una temperatura de 100°C al 21% de oxígeno atmosférico para que prenda pues a esta temperatura se evapora suficiente cantidad de moléculas del fluido a estado gaseoso como para prender. Esto se debe a que los gases combustibles son los únicos que pueden arden con llama en estado natural, los líquidos y sólidos deben transformarse en vapor previamente.

Cada combustible posee tres temperaturas características para definir los diferentes puntos de inflamabilidad. Estos valores se obtienen de sus fichas internacionales de seguridad química siendo reflejados para una atmósfera del 21% de oxígeno, por lo que se debe tener en cuenta que los valores de temperatura serán diferentes para valores superiores de porcentaje de oxígeno u otros tipos de comburente, si tenemos un mayor porcentaje tendremos mayor inflamabilidad y menor límite de temperatura para producir llama.

### ***- Flash point***

Los líquidos poseen un punto inicial en el cual desprenden suficientes vapores como para generar una pequeña flama cuando se les acerca una fuente de energía, pero no suficiente para mantener la reacción auto sostenida de combustión. Este es el denominado flash point, el gasoil posee un flash point a los 70°C en el cual observaremos un destello cuando acercamos una llama a la pequeña acumulación de vapores de su superficie.

### ***- Fire point***

Si continuamos incrementado la energía interna del combustible pasaremos al siguiente valor, el fire point o punto de ignición en el cual al aproximar una fuente de energía esta será capaz de mantener la reacción en cadena, al retirar la fuente de energía inicial continuará la combustión manteniéndose la cantidad de vapores necesarios, la combustión será auto sostenida.

Este es el punto más peligroso para la producción de un incendio puesto que la mayoría de la gente desconoce estos principios, y si bien fumar un cigarrillo junto a un lugar de riesgo puede no tener consecuencias la mayoría de las veces, si las condiciones de temperatura varían podemos producir un incendio haciendo el mismo gesto en un día con altas temperaturas.

La temperatura de fire point para el gasoil son 100°C por lo que no será peligroso hasta este valor, otros como la gasolina tienen un valor de -25°C lo que implica que a temperatura ambiente podría producir combustión, siendo catalogados como altamente inflamables y alto riesgo durante su trasiego.

### ***- Autoignition point***

El punto más peligroso para creación de un incendio de manera espontánea es el denominado punto de auto ignición, si bien se piensa en el imaginario general que es necesaria la aplicación de una llama o chispa para comenzar la combustión, esto es erróneo. Si incrementamos hasta ciertas temperaturas un material combustible, este producirá llama sin necesidad de aplicar otra energía. La gasolina, por ejemplo, arde espontáneamente cuando alcanza los 470°C, es decir, si llenamos un recipiente y lo calentamos a esta temperatura, comenzará a arder de manera auto sostenida.

Se debe tener especial cuidado con algunos compuestos con bajo punto de auto ignición cuando estos se almacenan en grandes bodegas, ya que el simple hecho de apilarlos puede generar auto combustión al aumentar la presión y la temperatura en los materiales de la capa inferior.

Si al valor de auto ignición le añadimos la transferencia por calor durante un incendio confinado, tenemos un método de propagación del incendio a través de las paredes o mamparos a bordo por conducción. Por ejemplo, si tuviéramos un camarote incendiado, los contiguos podrían arder debido a que los mamparos o planchas de separación comenzarán a adquirir altas temperaturas, los materiales como camas o armarios pegados a esta pared en el camarote contiguo o superior comenzarán a mostrar síntomas de pirólisis y si no son inmediatamente refrigerados comenzarán a arder espontáneamente debido a que han alcanzado su punto de auto ignición, propagando las llamas.






Esto también ocurre dentro del propio recinto del incendio, aquellos materiales que no hayan sido alcanzados por la llama pero que reciban altas dosis de radiación térmica durante un largo periodo entraran en combustión tarde o temprano al alcanzar su temperatura de auto ignición, produciendo en muchos casos un incendio generalizado del recinto y alimentando las llamas.

## ***VI - Fichas internacionales de seguridad***

Todos los datos anteriores respecto a los combustibles, pueden ser obtenidos de las fichas internacionales de seguridad obtenidas en España a través del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Otros datos que figuran en estas fichas son los datos químicos del material, tipos de peligros y actuación a realizar, riesgos, prevención y primeros auxilios en caso de exposición, instrucciones en caso de derrames o fugas, modo de almacenamiento, tipos de envasado y etiquetado, propiedades físicas entre otros datos importantes. [13]

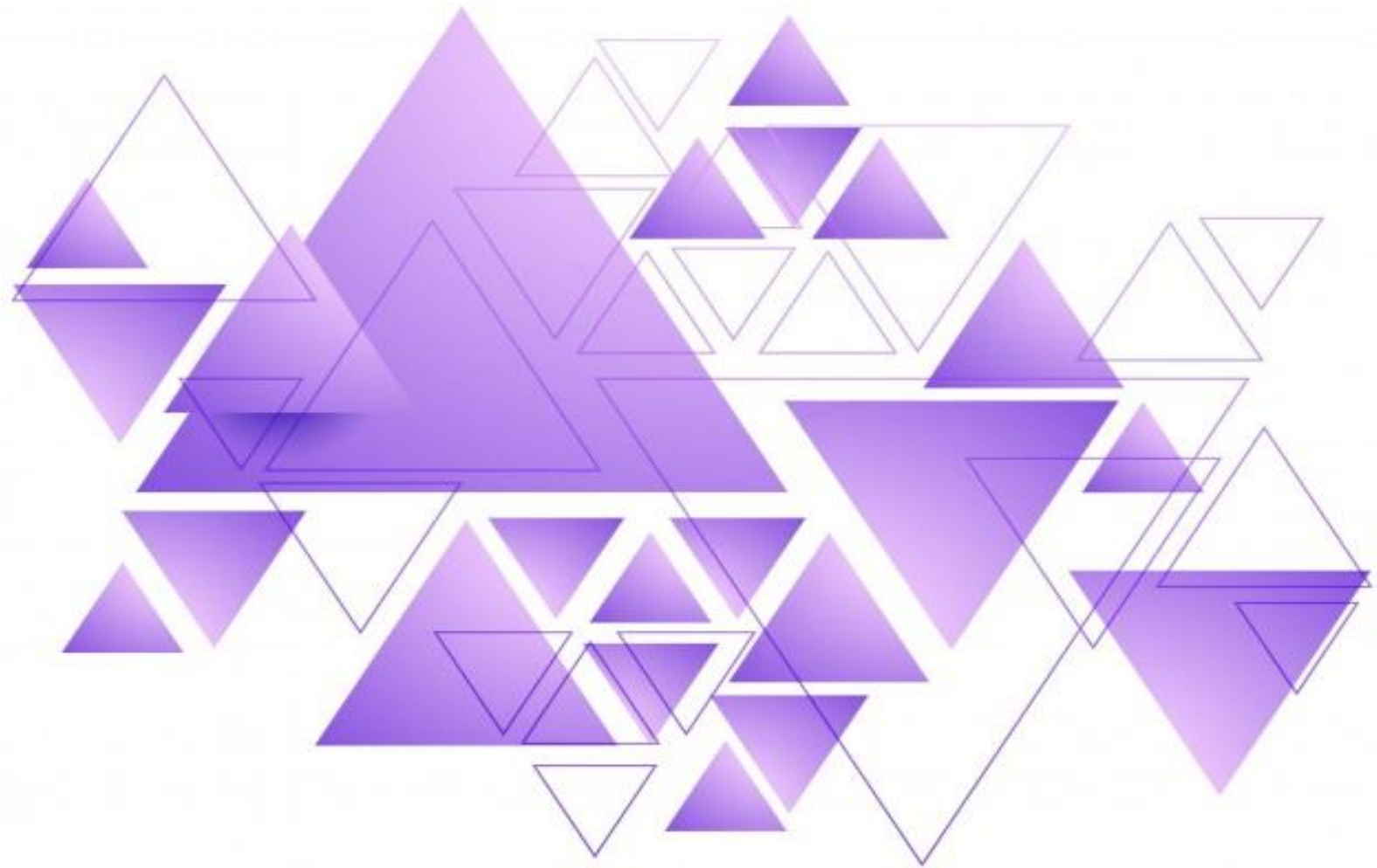
Todos estos son mostrados en el siguiente ejemplo.

Imagen 8: Ficha de Seguridad Internacional del Metano - Fuente: INSHT

<b>Fichas Internacionales de Seguridad Química</b>			
<b>METANO</b>			<b>ICSC: 0291</b> Febrero 2000
<b>CAS:</b> 74-82-8 <b>RTECS:</b> PA1490000 <b>NU:</b> 1971 <b>CE Índice Anexo I:</b> 601-001-00-4 <b>CE / EINECS:</b> 200-812-7		<b>Hidruro de metilo</b> <b>CH<sub>4</sub></b> <b>Masa molecular:</b> 16.0	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Extremadamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Cortar el suministro; si no es posible y no existe riesgo para el entorno próximo, dejar que el incendio se extinga por sí mismo; en otros casos apagar con agua pulverizada, polvo seco, dióxido de carbono.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las mezclas gas/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.
<b>EXPOSICIÓN</b>			
<b>Inhalación</b>	Asfixia. Ver Notas.	Ventilación. A altas concentraciones protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACIÓN: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	EN CONTACTO CON LÍQUIDO:	Gafas ajustadas de	Enjuagar con agua abundante durante
INFORMACIÓN ADICIONAL			
Límites de exposición profesional (INSHT 2012): VLA-ED: (como Hidrocarburos alifáticos alcanos (C1-C4) y sus mezclas, gases) 1000 ppm			
<b>NOTA LEGAL</b>			
Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.			
© IPCS, CE 2005			
Chemical Safety  			

<b>METANO</b>		<b>ICSC: 0291</b>
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO: ASPECTO</b> Gas licuado o comprimido incoloro e inodoro.</p> <p><b>PELIGROS FÍSICOS</b> El gas es más ligero que el aire.</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: (Hidrocarburos Alifáticos Alcanos (C1-C4), gases) 1000 ppm (como TWA) (ACGIH 2005). MAK no establecido.</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> Al producirse pérdidas en zonas confinadas, este gas puede originar asfixia por disminución del contenido de oxígeno en el aire.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La evaporación rápida del líquido puede producir congelación.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: -161°C Punto de fusión: -183°C Solubilidad en agua, ml/100 ml a 20°C: 3.3 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6</p>	<p>Punto de inflamación: gas inflamable Temperatura de autoignición: 537°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 5-15 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 1.09</p>	
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<b>NOTAS</b>		
<p>Densidad del líquido en el punto de ebullición: 0.42 kg/l. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Una vez utilizado para la soldadura, cerrar la válvula; verificar regularmente el estado de la tubería, etc., y comprobar si existen escapes utilizando agua y jabón. Las medidas mencionadas en la sección PREVENCIÓN son aplicables a la producción, llenado de botellas y almacenamiento del gas. Otro número NU: 1972 (líquido refrigerado), clase de peligro: 2.1. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005: ver Respuesta de Emergencia</p>		

# Incendios Confinados



Los incendios confinados componen un largo campo de estudio y aprendizaje dentro de la lucha contra incendios, generaciones de bomberos e ingenieros han ido creando técnicas y materiales para incrementar la eficacia y perfeccionar los servicios realizados durante las condiciones de extrema dureza de las llamas. Si bien antiguamente la acción de extinción se limitaba a lanzar agua, décadas de estudio no han resuelto problemas a la hora de entender el comportamiento y la propagación.

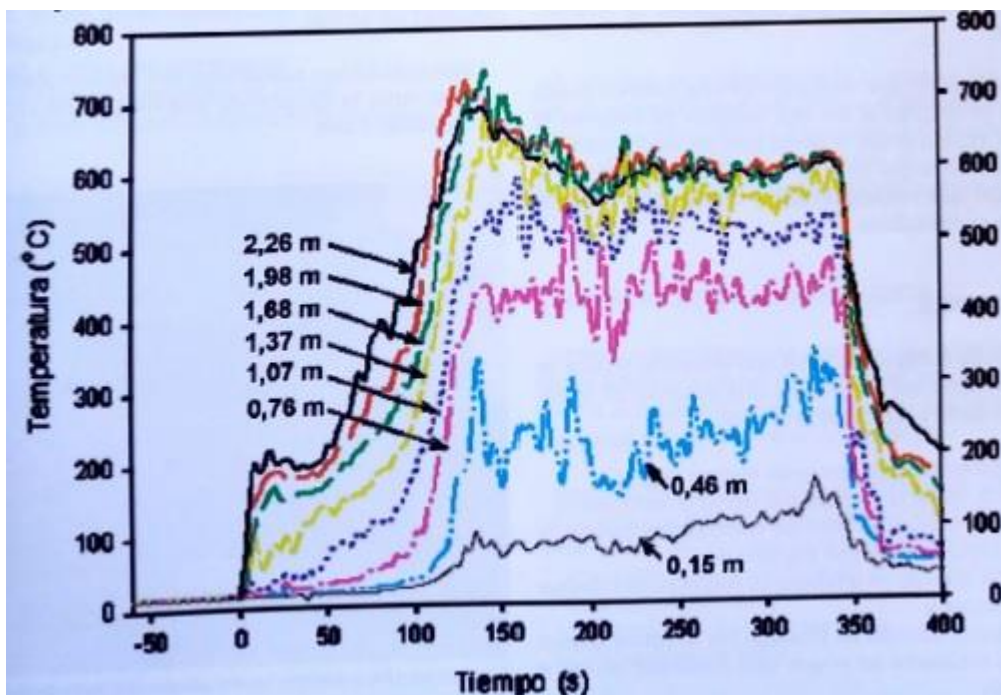
Consideraremos un incendio confinado aquel en el cual el fuego se encuentra encerrado en un recinto limitado, en el cual no existe libre circulación de comburente u oxígeno, así como tampoco evacuación apropiada de los gases generados durante el incendio. Pudiéndose considerar como tal camarotes, salas comunes, salas de máquinas, pañoles, escaleras, cocinas, tanques y bodegas entre otros.

La siguiente sección tratará de mostrar que ocurre en incendios en entornos cerrados, como se extienden las llamas, sus características principales, aprender a leer las fases que las que se encuentra el incendio para ser capaces de identificar los diferentes riesgos y sus posibles consecuencias.

## *Evolución de las temperaturas*

[1] Si bien se suele comenzar mostrando el comportamiento del humo y efectos asociados al incendio de interior, es importante conocer de primeras las condiciones de temperatura a las que nos enfrentamos en un incendio de interior ya que nos haremos una referencia de la peligrosidad de la atmósfera en la que nos encontramos en la cual nos agotaremos en pocos minutos aun con los equipos de protección correspondientes.

Por efecto de la convección nos encontraremos dentro de la misma habitación distintos niveles de estratificación, es decir, diferentes capas de temperatura según la altura. La más próximas al suelo serán las más frías y donde se encontrará el oxígeno disponible en caso de no disponer de ERA, siendo las capas más las peligrosas, por esto debemos actuar contra el incendio siempre agachados para disminuir el estrés térmico sufrido por el cuerpo.

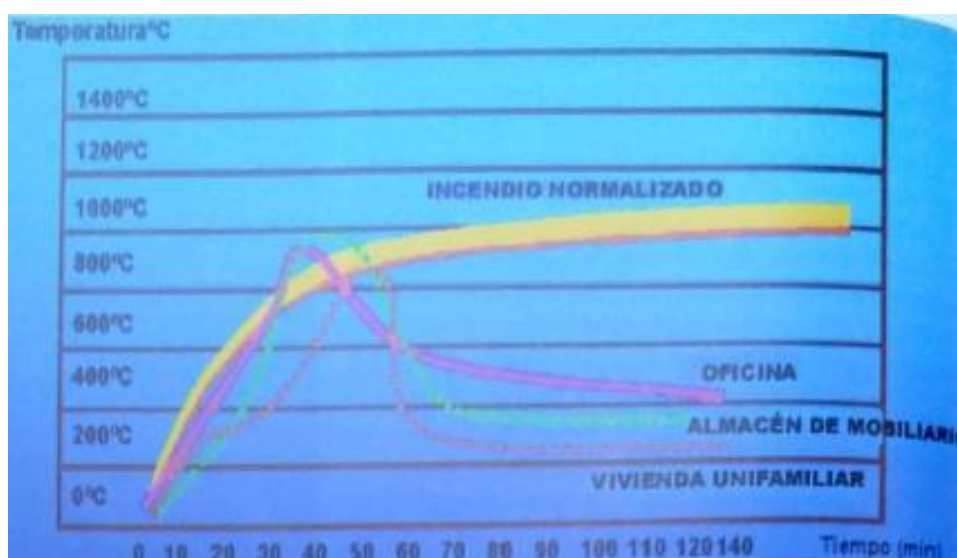


Gráfica 4: Variación de la temperatura en un recinto según el tiempo y la altura del recinto - Fuente: *El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

Como se puede observar en la gráfica, tenemos una habitación con una altura del techo de 2.26m donde la temperatura llega hasta los 800°C. A unos 0.75m si

estuviéramos agachados o tumbados estaríamos expuestos a menos de 400°C o incluso 200°C mientras que estando de pie sobre los 1.75m de media sufriríamos temperaturas a las 600°C. Estas diferencias de 200-300°C marcan la diferencia entre poder actuar sobre las llamas o tener que retirarnos porque nuestros equipos de protección no son capaces de permitirnos mantenernos en ese entorno.

Las temperaturas máximas alcanzadas en un incendio varían según el tipo de combustible, la forma del recinto, la ventilación, el tiempo transcurrido desde el inicio y la ubicación del fuego, pudiendo llegarse a temperaturas cercanas a los 1000°C en su punto más avanzado como muestran las siguientes gráficas para los establecimientos más comunes.



Gráfica 5: Variación de temperatura según tiempo transcurrido - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I



## *Gases de incendio*

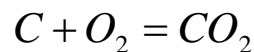
---

[1] Los gases producidos en incendios de exteriores se disipan y elevan en la atmósfera, no produciendo mayores preocupaciones para los bomberos y siendo usados para localizar incendios forestales o determinar la dirección del viento. Sin embargo, en recintos cerrados nos vemos obligados a luchar contra esta densa capa de humo y los riesgos que implica no solo por ser irrespirable, sino por la capacidad de propagación de las llamas que esta produce.

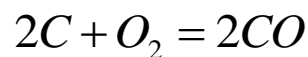
## ***I - Gases de combustión***

Los gases producidos durante la combustión varían en gran medida del tipo de combustible, de la cantidad de oxígeno disponible o del comburente usado. La combustión de gases como el propano generan altas cantidades de calor, pero un humo menos visible comparado con la quema de gasoil o madera, que generan densas y negras capas de humo. Los gases producidos pueden ser tóxicos, irritantes, asfixiantes por el desplazamiento de oxígeno o incluso generar atmósferas explosivas.

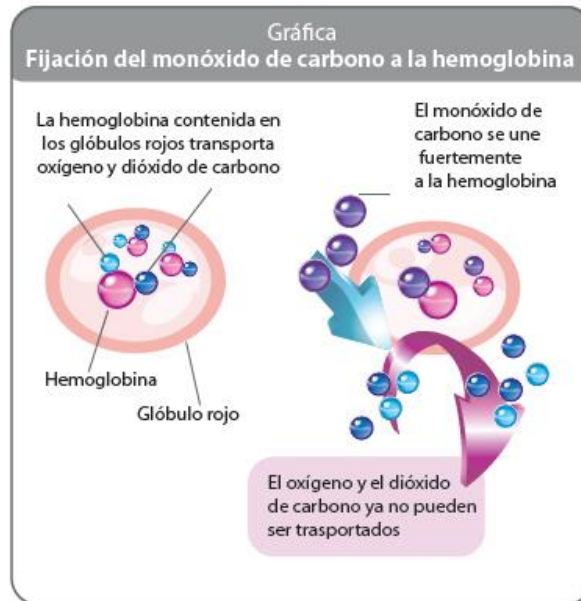
En las fases iniciales de los incendios más comunes con productos en base de carbono como la madera, podemos encontrar CO<sub>2</sub> como producto ya que al tener suficiente cantidad de oxígeno la reacción química de combustión es completa y produce un humo aun transparente.



El CO<sub>2</sub> es usado incluso como agente extintor por lo que no es combustible, sin embargo, al desplazar el oxígeno puede generar atmósferas asfixiantes. Cuando el oxígeno comienza a agotarse en el recinto debido a la mala ventilación, el déficit de oxígeno produce combustión incompleta en el material por lo que el humo comenzará a ser más oscuro y denso, acumulándose junto al techo por el efecto de la convección. En este punto intermedio se incrementa la cantidad de monóxido de carbono producido.



El CO es incoloro e imperceptible por su olor y debe ser detectado mediante un detector electrónico. Este gas es altamente tóxico para el ser humano, posee una afinidad 250 veces superior al oxígeno con la hemoglobina que circula por los glóbulos rojos de nuestros torrentes sanguíneos, cuando el CO entra por nuestros pulmones mediante la respiración desplaza al oxígeno ocupando su lugar formando carboxihemoglobina y evitando que pase a la circulación el oxígeno.



*Imagen 9: Reacción del CO en contacto con los glóbulos rojos - Fuente: Inacif*

El déficit de oxígeno en el cuerpo provoca confusión, mareos, náuseas e impide el correcto funcionamiento de los músculos motores quedando impedidos de movimiento al fallar las piernas. Elevadas cantidades de CO causarán coma y paro cardiorrespiratorio, la mayoría de las muertes de gente atrapada en incendios se debe la acción de estos gases y no por las llamas.

Algunos otros gases como el cloruro de hidrógeno son distinguidos por su olor, son producidos por plásticos en combustión y en contacto con el agua producen ácido clorhídrico, por lo que al entrar en contacto con la humedad de los pulmones o los ojos crean elevada irritación pudiendo producir graves daños en el sistema respiratorio e incluso la muerte.

## ***II - Comportamiento del humo***

En los incendios confinados, la convección arrastra el calor, el humo y los gases a las zonas altas y una vez tocado techo se comenzarán a distribuir uniformemente hasta tocar las paredes y comenzar a descender para llenar el recinto, esta estratificación térmica puede ser perturbada por la aplicación de agua, la apertura de puertas o el movimiento de los bomberos en el interior en menor medida.

En los incendios estructurales, si el humo encuentra alguna abertura como el tronco de una escalera tenderá a ascender por ella llenando las plantas superiores antes que las intermedias.



*Imagen 10: Extensión del humo entre plantas - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

En los buques para evitar que este efecto se extienda a las diferentes cubiertas se encuentran instaladas puertas cortafuegos en las entradas a las escaleras tanto entre cubiertas como en los garajes de buques Ro-Ro y bodegas inferiores, estas puertas pueden ser cerradas desde el puente en caso de incendio. En caso de aparecer estos gases calientes por las ventanas laterales pueden trasladarse a ubicaciones superiores a través de estas si se encuentran abiertas, en caso de combustión de los gases a elevada temperatura se podrían pasar las llamas a las cubiertas superiores aun incluso con las puertas cortafuegos cerradas sino se tiene especial cuidado con este efecto.

### **III - Plano neutro**

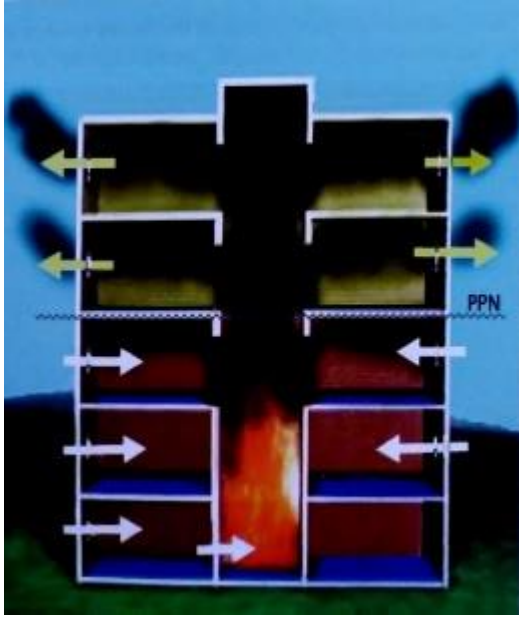
El plano neutro se observa como la altura a la que se encuentra el plano de gases de la combustión, dentro de un mismo recinto en el que se produce un incendio cuando el humo ocupe todo el techo comenzará a bajar lentamente hasta el suelo, es línea de separación observable es el denominado plano neutro. Los bomberos comúnmente

nombran al plano neutro junto a un valor para indicar la altura a la que se encuentra este, por ejemplo, comunicar un plano neutro 2 nos indica que este se encuentra a una altura de 2 metros con respecto al suelo y la visibilidad es buena, cuando se observe un plano neutro 0 se nos indica que el humo llego al suelo y no es posible ver en el entorno ni respirar en su interior.



*Imagen 11: Plano neutro en recintos - Fuente: Bomberos Cajeme*

En el caso de estructuras con incendios desarrollados en varias plantas, el plano neutro nos indica la capa donde la inversión térmica se produce al igual que en un pequeño recinto. Las cubiertas por debajo del plano neutro permitirán la entrada de oxígeno en el interior de la estructura al ser la presión menor mientras que las cubiertas superiores tendrán una presión superior a la atmosférica y los gases calientes saldrán por la ventanas y exutorios de estas.



*Imagen 12: Plano neutro en un incendio estructural extendido - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

## ***Desarrollo de las llamas***

---

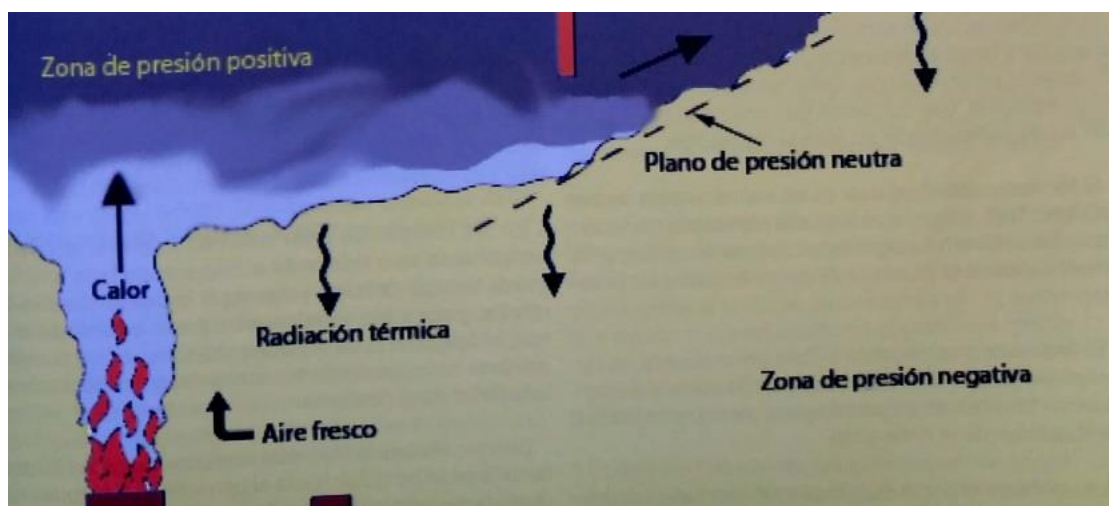
[1] El desarrollo de incendios en interior depende del tipo de combustible, la cantidad y la ubicación donde comience, las llamas en una esquina de cualquier sala incrementarán antes su temperatura pues las paredes devuelven el calor hacia combustible por el efecto pared y se comenzará antes a crear el plano neutro en la habitación, sin embargo si se encuentran en el centro de la habitación tendrán más oxígeno aportado en todas las direcciones de la llama pero les llevará más tiempo a los gases del incendio tocar las paredes y comenzar a descender.

Sea cual sea la ubicación, la realidad es que para detener las llamas con la aplicación de un extintor tan solo tendremos pocos minutos pues se requiere de visibilidad para su aplicación, pudiendo ser menos de 3 minutos si las condiciones para el incendio son favorables antes de tener demasiada radiación y calor, y sea imposible la extinción mediante extintor portátil.

## ***I - Desarrollo interior inicial***

Una vez comenzado el incendio en el recinto, en la ubicación central de la llama se crea una columna de gases por el efecto de la convección que va incrementando la temperatura del entorno, a esta columna se le denomina penacho. A medida que aumenta la temperatura y el humo se vuelve menos denso acumulándose junto al techo se crea un área de presión positiva entorno a los gases calientes, generando corrientes de aire entre las capas más calientes altas y frías más bajas de presión negativa que atrae el oxígeno a la base del fuego en forma de ciclo, por el cual se puede decir que las llamas respiran tomando comburente.

Inicialmente los gases acumulados junto al techo serán de tono blanco y transparentes al ser en su mayoría vapor de agua que se encontraba en los materiales en llamas. Según se agota el oxígeno, la combustión comienza a ser incompleta y muchas partículas que no han sido quemadas completamente como vapores hidrocarbonados, monóxido de carbono u hollín son arrastradas por los gases en convección y el humo comenzará a ser de tono oscuro y volverse opaco, comenzaremos en este punto a observar la generación del plano neutro de manera visible, si el recinto está cerrado y los gases no tienen escapatoria el plano neutro será aún más claro pues la capa de humo se volverá cada vez más densa y de mayor espesor.



*Imagen 13: Características iniciales de un incendio confinado - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*



Estos gases acumulados no son inofensivos, pues no solo son irrespirables, sino que emiten radiación al estar a elevadas temperaturas que se incrementan con el tiempo mientras quede combustible para quemar, esta radiación calienta el resto de combustible que se encuentra bajo la capa de humos.

## ***II - El Rollover***

Si el incendio continúa avanzando a fases intermedias, la temperatura de los gases en las capas superiores continuará incrementándose junto con los gases hidrocarbonados y partículas arrastradas sin quemar en el techo, cuya mezcla con el aire se irá aproximando peligrosamente a su límite inferior de inflamabilidad.

Alcanzando temperaturas cercanas a las 600°C en el plano superior de presión positiva, comenzaremos a observar pequeñas lenguas de fuego que se desplazan más allá del penacho de combustión inicial en dirección hacia la fuente de oxígeno más cercana como una puerta abierta o una ventana, estas flamas que se mueven entre el humo caliente reciben el nombre de “el baile de los ángeles” debido a la danza que parecen realizar en busca del oxígeno a medida que avanzan. Este es el primer síntoma en un incendio que nos indica la aparición del rollover.

El rollover es la inflamación de los gases junto al techo al alcanzar su rango de inflamabilidad y temperatura de inflamación que rondan en torno a los 600-650°C, observaremos oleadas de llamas que pueden desplazarse sobre nuestras cabezas si no son controladas, estas producen altas turbulencias en las capas térmicas del recinto generando un pico en la radiación emitida por los gases de incendio.



*Imagen 14: Rollover - Fuente: Blog.prefire.es*

### ***III - El Flashover***

Si la combustión de gases durante el rollover continua de manera descontrolada, se produce un incremento crítico de la cantidad de radiación que los gases emiten sobre el combustible bajo estos, con además una atmósfera ya caldeada por el fuego que acabarán por hacer alcanzar al material del recinto su temperatura de autoignición.

El término flashover es un término inglés que hace referencia a la combustión súbita generalizada de todo el material combustible de un recinto en un incendio confinado. Alcanzada la temperatura necesaria para la pirólisis en los materiales del entorno inferior, estos se inflamarán de manera casi simultánea, incluyendo madera, mobiliario, telas y plásticos. El flashover o incendio generalizado es el estado más avanzado de un incendio, dándose las temperaturas de mayor rango en esta fase, así como la mayor cantidad de gases y humo, pues todo el combustible se encontrará en llamas y el incendio se volverá prácticamente incontrolable.



*Imagen 15: Flashover en habitación común - Fuente: Mercotecresa.es*

#### ***IV - El Backdraft***

El backdraft por su definición inglesa, hace referencia a una explosión del humo contenido en un recinto cerrado debido a una inyección espontánea en este de comburente. Si bien no es una fase del incendio y no siempre se produce, es necesario conocerlo para evitar que se produzca.

Cuando los niveles de oxígeno bajan del 15% en el recinto confinado las llamas se desarrollan con mayor dificultad y se genera una mayor cantidad de humo y gases combustibles debido a la combustión incompleta, pudiendo incluso llegar a apagarse las llamas si el valor sigue cayendo por debajo del 15%. Quedando una masa de gases supercalentados con alta cantidad de gases combustibles confinados por efecto de la pirólisis, si la temperatura de estos gases es lo suficientemente elevada tan solo se requerirá la entrada de oxígeno en el recinto para generar una inflamación explosiva de este cúmulo de gases.

Se denomina backdraft a esta inflamación espontánea de los vapores y humo en un recinto cerrado. Suele ser producida por la apertura por parte del equipo de extinción de una puerta o la rotura de una ventana exterior que suministra el oxígeno necesario.



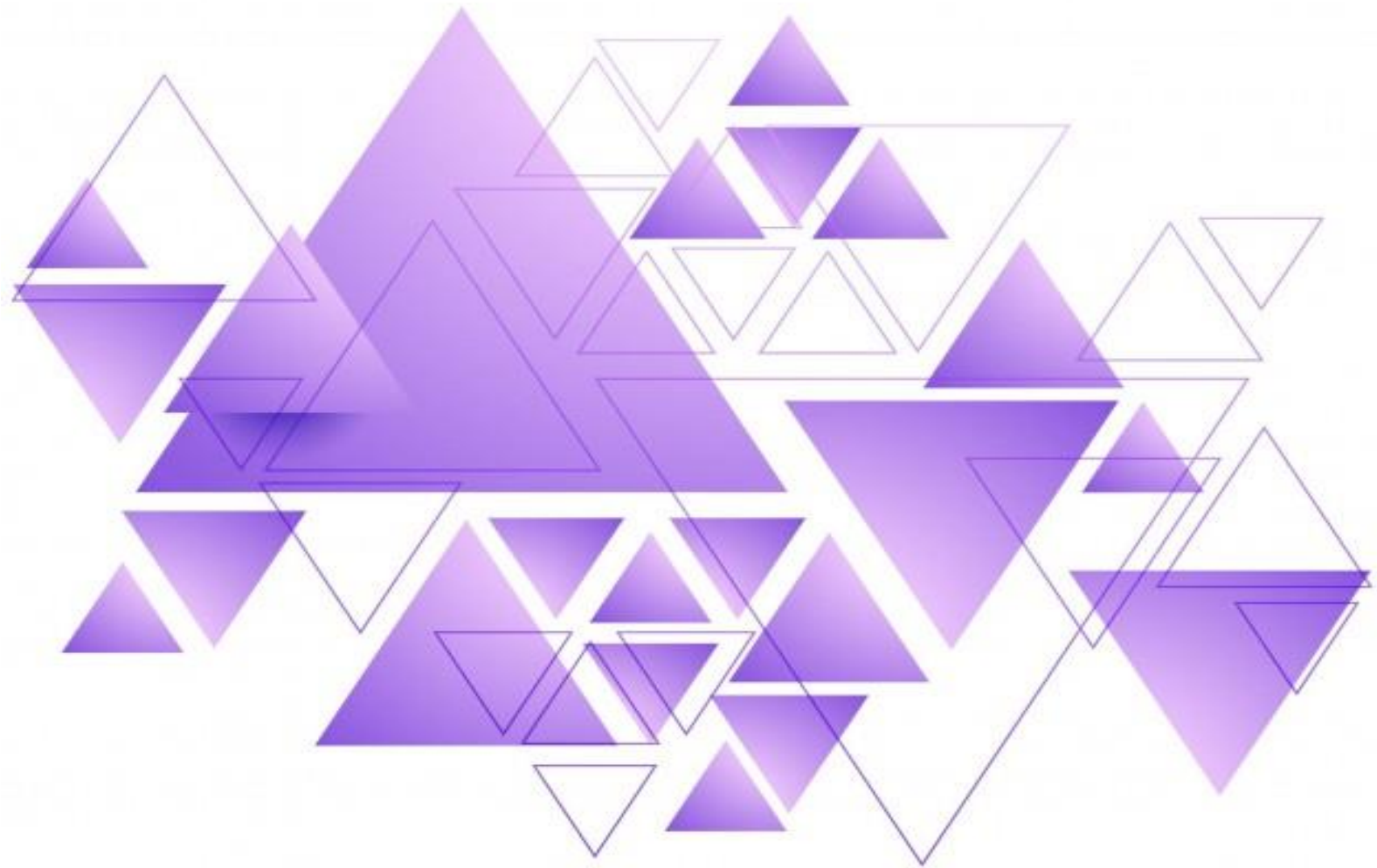
*Imagen 16: Backdraft por apertura de puerta - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

La producción de esta explosión no siempre es de manera inmediata, en los más rápidos observaremos como al abrir la puerta se producen unas pulsaciones como si el incendio tratara de respirar, saliendo humo y entrando oxígeno exterior de manera repetitiva en cortos periodos, lo que nos indica un backdraft inminente.

Los más peligrosos son aquellos que tardan un tiempo en producirse, si la presión interna es elevada se deberá aliviar primero esta sobre-presión para que posteriormente comience a entrar el oxígeno en el recinto, lo que puede llevar varios minutos hasta el backdraft, cogiendo por sorpresa a los bomberos o equipo de extinción que se encuentre en su interior que con sus movimientos en el recinto pueden facilitar la mezcla y acelerar la reacción explosiva.

Una tercera forma de producción del backdraft es también de manera lenta, si los gases no han alcanzado la temperatura necesaria para la explosión, pero se encuentran en rangos cercanos, en un recinto que lleva tiempo abierto se dará un alivio del humo que producirá una pequeña elevación del plano neutro para que el oxígeno entre en el recinto, alimentando las llamas de incendio que se encontraba prácticamente ahogado. Las llamas se reiniciarán si queda combustible, aplicando el calor de ignición necesario para llegar al límite de inflamabilidad produciendo el backdraft o un flashover.

# Extinción a bordo



La extinción a bordo de un incendio confinado se vuelve realmente compleja por la distribución de las distintas cubiertas, para aquellos que no conocen su distribución se convierte en un laberinto de puertas, camarotes, salas y escaleras. Los equipos que acuden a un incendio en buques atracados, normalmente se encuentra con un incendio ya desarrollado y la imposibilidad de adentrarse en los recintos interiores, sin embargo, en alta mar la tripulación debe luchar contra las llamas en sus etapas iniciales o intermedias con la ventaja de conocer los recovecos de un buque en el que pueden estar trabajando durante meses.

Aun con esta ventaja, en un lugar con plano neutro cero un tripulante puede perder la orientación fácilmente y no ser capaz de encontrar el incendio o salir de recinto, si a esto añadimos la ansiedad y los nervios asociados a una situación de emergencia con fuego, podemos tener una actuación totalmente ineficaz o una tripulación no dispuesta a luchar contra las llamas para evitar el riesgo que conlleva.

Los cursos de formación profesional necesarios para el embarque como el avanzado contra incendios, tan solo ocupan en su mayoría la teoría relativa al fuego y al desarrollo del incendio por medio de clases teóricas, incluyendo unas prácticas en las cuales se lucha en su mayoría contra conatos de incendios por medio extintores en diferentes plataformas, sin llegar a mostrar ni a entrenar a los tripulantes en los incendios de interior por medio de contenedores de formación o búsqueda de incendio en condiciones de visibilidad nula. Además, se incluyen en los cursos la familiarización inicial con parte del material contra incendios más comunes que en muchos casos no es completa.

Los bomberos entrenan durante varios meses al año los incendios confinados, además de los servicios reales en los cuales obtienen experiencia que mejoran su eficacia con un material adecuado para las intervenciones. Mientras las tripulaciones, tras el curso de formación, obtienen a bordo práctica por medio únicamente de simulacros semanales, que en muchos casos se resumen en un mismo ejercicio en una idéntica ubicación del buque que se repite constantemente, para sencillamente rellenar el trámite burocrático establecido por la normativa, usando un material contra incendios poco útil o rudimentario que si bien son aceptables para incendios en cubierta exterior, para los incendios confinados son hasta problemáticos.

Tras estos simulacros, rara vez se realiza una reunión posterior para evaluar la calidad de la intervención, las posibles mejoras o errores cometidos y como solucionarlos, algo que los bomberos realizan habitualmente para mejorar sus protocolos.

Si bien los bomberos son profesionales que dedican su vida a mejorar sus técnicas de lucha contra incendios, procurando mejorar cada día, para las tripulaciones no se incluye entre sus labores diarias estas tareas o no verán un incendio real en toda su carrera profesional, por lo que no se les puede pedir el mismo nivel. Sin embargo, una mejora en la variedad de los simulacros, unas técnicas de entrenamiento más realistas, aunque sea semanalmente, la mejora del material, mayor atención a la formación y preparación más completa podrían permitirnos extinguir incendios confinados en su fase intermedia, ayudándonos a evitar un abandono del buque innecesario.



## *Extintores portátiles y su uso*

---

Los extintores son nuestra primera herramienta de intervención contra conatos de incendio, cuanto más rápido sea aplicado más efectivo será ya que disponemos de pocos minutos antes de que en el recinto se comience a acumular el humo y sea necesario el uso de equipos de protección. Muchos cursos forman a los marineros en la aplicación del extintor usando protección personal como guantes, casco o protección contra la radiación como chaquetones, siendo esto para muchos un error en cuanto a la formación pues si bien cumplimos normas de seguridad en caso de accidente pero dando una mala idea para los marineros o personal de tierra en casos reales, la pérdida de tiempo en buscar unos guantes y un casco durante un caso real más el tiempo empleado en tomar el extintor puede suponer la pérdida del control del conato. Si junto a esto el usuario no se encuentra familiarizado con la radiación emitida por una llama de un tamaño algo mayor, es posible que el extintor no sea aplicado desde la distancia adecuada por el miedo al calor junto con los nervios agregados a la falta de experiencia.

La aplicación en los recintos confinados varía según las condiciones de la visibilidad, si aun podemos adentrarnos en el recinto con un plano neutro alto entonces la aplicación será como en un incendio de exterior, realizaremos un disparo de prueba inicial con el extintor que nos indicará la presión de este además del agente extintor en caso de no tenerlo claro inicialmente, nos aproximaremos al conato manteniendo una distancia de seguridad y aplicaremos el producto sobre la base de las llamas.

Si por el contrario nos encontramos que al abrir una puerta con unas condiciones de visibilidad nula o una gran cantidad de llamas se puede aplicar el extintor de la siguiente manera, abriremos la puerta suavemente y lo suficiente para que entre la boquilla del extintor por una ranura evitando así la entrada de oxígeno al recinto y la salida de llamas del mismo, una vez introducida descargaremos todo el contenido del extintor en el recinto y cerraremos la puerta. Con este gesto evitaremos riesgos personales, bajaremos la intensidad de las llamas y disminuirémos las calorías en el recinto, ganando tiempo hasta que las líneas de agua y los equipos de extinción estén

preparados o incluso si el lugar es lo suficientemente pequeño como un camarote o un pañol podemos llegar a extinguir las llamas con este método.

Los tipos de agente extintor más común que se encuentran a bordo son los que figuras en los siguientes capítulos.

## ***I - Extintor de polvo***



*Imagen 17: Extintor de polvo ABC - Fuente: Axarquia*

El polvo polivalente o polvo ABC es un tipo de agente útil contra fuegos de tipo A, B y C, es el más utilizado en los extintores portátiles. Está formado por partículas normalmente recubiertas de una capa de silicona para incrementar su eficacia, aunque esto depende de cada fabricante y el tipo de polvo que tenga patentado y usando como agente extintor el nitrógeno presurizado a entre 15 y 20 bares de presión.

Actúa por inhibición eliminando la reacción en cadena, para esto sus partículas ocupan un gran volumen interponiéndose entre los diferentes elementos del fuego y evitando que entren en contacto entre sí, una vez aplicado y depositado el polvo este genera una fina capa sobre el combustible que evita el contacto con el comburente.

En recintos cerrados se puede generar una gran cantidad de polvo que nos impida la visión, si bien el polvo no es tóxico sí que puede irritar las vías respiratorias generando una fuerte tos además de lagrimeo en contacto con los ojos. Todas estas molestias pueden desorientarnos en un recinto confinado con un incendio, se debe por tanto acceder al interior junto a una pared y tener muy claro donde se encuentra la salida antes de aplicar el extintor o puede que después no seamos capaces de salir.

El polvo ABC es eficaz en incendios con electricidad, no la conduce a baja tensión o incluso media tensión dependiendo de la calidad, pero deja unos residuos que pueden inutilizar los contactos e interruptores de los cuadros eléctricos.

Debido a la vibraciones y movimientos del buque, el polvo puede apelmazarse en el fondo de cilindro generando una capa rígida y sólida que el agente impulsor no es capaz de romper cuando se pulsa la válvula de apertura, quedando inutilizado para uso durante una emergencia. Por eso son más usados los extintores de presión adosada, una vez añadida esta presión que se encuentra en un pequeño cilindro anexo se rompe previamente esta posible capa rígida dejando el extintor listo para su uso, aunque esto no siempre funciona por lo que lo ideal es sacar el extintor de su ubicación semanalmente y agitarlo para evitar el apelmazado.

## ***II - Extintor de CO<sub>2</sub>***



*Imagen 18: Extintor de CO<sub>2</sub> -*

*Fuente: Proextintor*

El extintor de CO<sub>2</sub> posee diversos nombres, anhídrido carbónico, dióxido de carbono o nieve carbónica. Este extintor es efectivo en fuegos de clase B y fuegos superficiales de clase A, por lo que contra madera o carbón no son demasiado útiles. Este tipo actúa contra las llamas de dos formas, por sofocación desplazando el oxígeno entorno al fuego y además por enfriamiento reduciendo la temperatura del combustible, esto sucede porque el cilindro del extintor se encuentra presurizado a presiones superiores a 200 bar llegando a licuar el CO<sub>2</sub> que al ser liberados

a una presión atmosférica se enfría bruscamente alcanzando temperaturas de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Esta temperatura puede causar quemaduras por frío si no se sujeta el extintor adecuadamente por la boquilla de salida.

Para recintos cerrados existe un riesgo añadido que se debe tener presente, al ser desplazado del recinto el oxígeno por el  $\text{CO}_2$  pues que nos encontremos con dificultades para respirar por lo que no es conveniente permanecer en lugares pequeños una vez aplicado el agente extintor y esperar a que este se disipe antes de volver a entrar en el recinto.

El  $\text{CO}_2$  es usado principalmente en fuegos eléctricos donde se encuentra equipos electrónicos especialmente sensibles, pues no dejan residuos en los componentes y no es conductor de la electricidad.

### III - Extintores de espuma



*Imagen 19: Extintor de espuma - Fuente: Proextintor*

Los extintores de espuma tienen una apariencia similar a los de polvo y al igual son comúnmente impulsado por el nitrógeno, sin embargo, su contenido es de agua y un agente espumógeno incorporado que permite generar la espuma una vez disparado el extintor. Útiles para incendios tipo A, B y C pero no recomendados

contra fuegos en presencia de electricidad, siendo especialmente efectivos en fuegos tipo B.

Estos extintores se encuentran en auge al ser más baratos de producir y aprovechar los cilindros clásicos de los extintores comunes, tan solo requieren de un agua desionizada y unos pocos mililitros de espumógeno según el porcentaje de la espuma. No generan residuos ni nubes de polvo molestas durante la extinción como lo hacen los de polvo polivalente lo cual mejora la visibilidad en la actuación, evitan el apelmazado pues su contenido es líquido siendo una gran ventaja en buques, y no desplaza el oxígeno por lo que nos evita la posible asfixia.

Este extintor actúa por enfriamiento reduciendo la temperatura del combustible, además genera una capa que separa este del comburente, al ser líquido el agente extintor se moverá junto con el combustible en caso de balanceo del buque si tenemos un derrame en la cubierta. Sin embargo, si la radiación es elevada puede que el agua se evapore junto con el espumógeno antes de alcanzar las llamas y el extintor no cumpla su cometido.

Dependiendo el tipo de boquilla instalada al final de la manguera podremos obtener espuma de baja o media expansión, aunque lo más común es encontrar espumas de baja expansión para los extintores portátiles.

#### ***IV - Extintores para fuegos de metales***



*Imagen 20: Extintor tipo D clase 571 para fuegos en presencia de Litio - Fuente: Amerex*

Los fuegos tipo de metales tipo D llevan agentes extintores para cada tipo de metal, llevando agentes químicos específicos para cada tipo de fuego D. Suelen ser clasificados según un código de modelo y tener diferente color en el cilindro respecto al rojo común usado para los demás extintores, siendo más sencilla su identificación, si bien para saber el tipo de metal contra el que es útil deberemos leer previamente la

etiqueta disponible antes de usarlo.

Es raro encontrar estos extintores a bordo, puesto que suelen ser encontrados más en industrias que trabajen metales específicos

## *Técnicas de lucha contra incendios confinados*

---

Los bomberos profesionales aplican gran cantidad de técnicas en función de la situación del incendio, desde el uso de diferentes métodos de extinción, técnicas de ventilación de recintos, actuaciones de rescate o variedad de agentes extintores entre otros. En los buques nos encontramos mucho más limitados tanto en la formación como en el material disponible para una intervención, en esta sección mostraremos las técnicas de extinción más comunes y que podrían ser aplicadas a bordo con una formación adecuada, aunque a pesar de poder realizarlas puede que no dispongamos del material necesario, por lo que la comparación del equipamiento entre tierra y a bordo se hace inevitable.

## ***I - El agua como agente extintor***

El agua es el agente extintor por excelencia contra fuegos de tipo A, su alta disponibilidad y su bajo coste permiten su uso en abundancia, a bordo mientras las bombas contra incendios estén en marcha dispondremos de ella de manera ilimitada, sin embargo su uso no debe ser a discreción sobre el fuego y se deben tener en cuenta sus ventajas y limitaciones, especialmente durante los incendios confinados ya que aunque no lo parezca el agua se puede convertir en un problema en recintos cerrados sino se usa de manera adecuada.

El agua actúa por enfriamiento, reduciendo las calorías tanto en el combustible como en los gases de la combustión, bloquea la radiación térmica si se necesita usar como pantalla de protección.

Cada litro de agua evaporado ocupa un volumen 1700 veces superior a su estado líquido, por lo que desplaza tanto el oxígeno como los demás gases contribuyendo a la extinción. Se debe tener cuidado con este efecto, pues esta expansión brusca genera turbulencias en la estratificación térmica del recinto, mal aplicada el agua se puede lanzar todos los gases supercalentados sobre el equipo de actuación generando graves quemaduras. Por ejemplo, si lanzamos gran cantidad de agua sobre las llamas en el fondo o esquina del recinto donde se encuentran las llamas, el vapor generado empujará los gases del techo contra las paredes opuestas de la habitación y cuando los gases no encuentren escapatoria comenzarán a descender hacia el suelo cayendo sobre los bomberos o incluso acelerando las reacciones de flashover al incrementar la temperatura del combustible sin arder en el recinto.



*Imagen 21: Perturbación de la estratificación térmica por agua mal aplicada - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*



[2] El agua posee un alto valor en su calor específico significativamente mayor al de las demás sustancias, haciendo ideal para almacenar calor y refrigerar, para el agua este valor es:

$$c = 1 \frac{kcal}{L \cdot ^\circ C}$$





Este nos indica que para elevar la temperatura de 1 litro de agua tan solo 1 grado centígrado, necesitaremos tomar del entorno 1000 calorías. Además, el agua posee un calor latente para pasar de estado líquido a gas de 540 kcal, energía adicional que necesita el agua para evaporarse. Sabiendo que el agua se evapora a 100°C y considerando que el agua se encuentra 20°C a temperatura ambiente, necesitaremos 80 kcal tan solo para subir la temperatura de 1 litro agua hasta los 100°C y evaporarla, con el cambio de estado sumaremos otras 540 kcal, haciendo la suma habremos robado al calor del incendio un total de 620 kcal. Esta diferencia entre la evaporación del agua o no hace una gran diferencia en la efectividad de uso. Es importante que el agua sea evaporada, aquella que caiga al suelo en estado líquido es considerada agua mal aprovechada.

En incendios confinados el agua no debe ser usada a discreción porque los equipos de protección como chaquetones, cubres y guantes están diseñados para la transpiración al exterior del sudor generado por el cuerpo debido a las altas temperaturas, de lo contrario no asaríamos en nuestro propio sudor cuando este se evapora, pero al igual que el sudor sale el vapor generado por el agua se cuele por las aberturas del chaquetón como el cuello o los micro poros de la tela. En un incendio exterior esto no es problema pues el vapor caliente se disipa, en un recinto confinado este vapor se acumulará y podrá causarnos graves quemaduras, irónicamente, aunque parezca que lanzando gran cantidad de agua sobre las llamas estamos disminuyendo el calor del ambiente sentiremos como se incrementa el calor y el ambiente comienza a quemarnos, haciendo imposible permanecer en el recinto y abandonando la intervención. Para evitar este problema el agua debe ser dosificada durante su uso, lo cual se mostrará en otro capítulo.

Otros inconvenientes en el uso de agua es que no puede ser usada en fuegos con presencia eléctrica al ser conductora, también es ineficaz en fuegos de solventes polares como el alcohol ya que se mezclan con el agua y se disuelven en esta. Contra fuegos de

líquidos tipo B puede ser un peligro e incluso propagar el incendio si no se usa correctamente, la expansión brusca que se produce al evaporarse de 1.700 veces su volumen puede producir salpicaduras en todas direcciones que pulverizaran el combustible líquido, calentándolo rápidamente en presencia de llama y ardiendo.

El agua para que sea lo más efectiva posible debe aplicarse de manera pulverizada sobre gases combustibles, esto se debe a que cuando menor es el tamaño de la gota mayor será la superficie del agua en contacto con el entorno, más rápida será su evaporación y por tanto el enfriamiento y la extinción. Por ejemplo, un litro de agua con gotas de 10mm tendrá una superficie de 0.6 m<sup>2</sup> mientras que el mismo litro de agua con gotas de 0.01mm de diámetro tendrá 600 m<sup>2</sup> en contacto con el recinto y será más fácil su evaporación.

	<i><b>Diámetro de las gotas (mm)</b></i>	<i><b>Superficie exterior de las gotas en 1 litro de agua (m<sup>2</sup>)</b></i>
	10	0.6
	1	6
	0.1	60
	0.01	600

*Tabla 5: Relación diámetro-superficie de gotas de agua - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

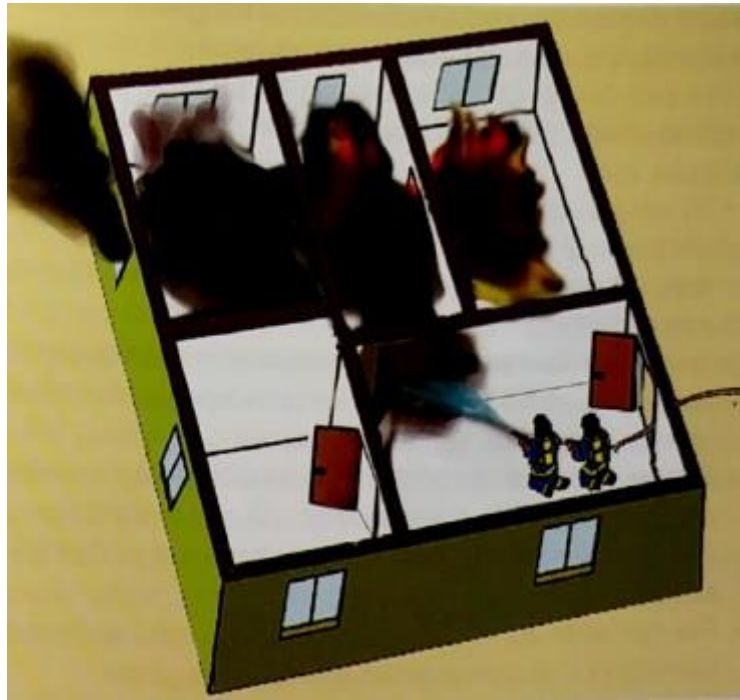
Sin embargo, las gotas deben tener el tamaño adecuado y la velocidad de salida apropiada, si son muy finas o no poseen suficiente energía cinética el agua se extinguirá antes de alcanzar los gases calientes o las llamas debido a la radiación emitida por estos. Si son demasiado gruesas, caerán al suelo las gotas o tocarán las paredes y techo del recinto, enfriando de manera ineficaz y generando vapor innecesariamente.

Para los incendios directamente sobre fuegos sólidos, como madera o carbón, lo mejor es aplicar el agua en forma de chorro, para alcanzar las partes internas de estos y evitar la reignición por su calor interno.

## ***II - Estrategia ofensiva***

[1] La estrategia ofensiva en un incendio confinado se corresponde con un ataque interior con un equipo de intervención o más dentro del recinto. Normalmente se consideran o con rescate de personas atrapadas en el interior o sin rescate, a bordo debido a la baja preparación del personal el ataque ofensivo tiene un alto riesgo en ocasiones inadmisibles por los oficiales que incluso no dominan las técnicas de lucha en interior y carecen de experiencia real.

No será considerado el rescate de personas atrapadas en este capítulo, centrándonos exclusivamente en las condiciones para una estrategia ofensiva, las circunstancias, los riesgos, métodos de actuación y prevención.



*Imagen 22: Estrategia ofensiva - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

En esta estrategia se deben tener conocimientos asentados sobre las condiciones del incendio, ser capaz de evaluar el cambio de los gases en el recinto para predecir posibles rollover, flashover o backdraft. Si bien los bomberos profesionales tienen amplia experiencia y se adentran en recintos con gran cantidad de humo y plano neutro cero, esta opción es desaconsejable en el caso de tripulaciones sin práctica en incendios reales.

La aplicación de agua cuando nos encontremos en un recinto confinado debe realizarse de manera comedida para evitar la generación excesiva de vapor y la perturbación de la estratificación térmica de la habitación, los bomberos profesionales utilizan lanzas que disponen de un accionador en forma de palanca o gatillo para realizar los denominados disparos o pulsaciones, además disponen de un regulador de caudal, este caudalímetro nos permite seleccionar la cantidad de agua por minuto que será lanzada al incendio, las de mejor calidad nos permiten un caudal mínimo de entorno a 15-20 litros por minuto que será el usado en recintos de interior. Las pulsaciones realizadas con lanzas deben ser una apertura y cierre lo más rápido posible. Considerando que una pulsación dura en torno a 1 segundo, seleccionando un caudal de 20 litros por minuto obtenemos que con cada pulsación lanzaríamos unos 350 ml de agua sobre las llamas, aproximadamente un vaso de agua que, aunque parezca irrisorio, si se lanza pulverizada correctamente sobre las llamas seríamos capaces de observar como esta pequeña cantidad nos permite controlar las llamas del incendio y evitar que se extienda.

El acceso al interior de un recinto lleno de humo debe realizarse con cautela, en primer lugar, se comprobará con la mano la temperatura a la que se encuentra la puerta desde su parte superior hasta abajo, si notamos que es demasiado elevada puede que las llamas se encuentren justo tras esta y abrirla nos lanzaría directamente las llamas sobre el equipo de intervención. Sino es elevada la temperatura, abriremos levemente la puerta lo justo para realizar dos o tres pulsaciones de agua junto al techo y cerrar de nuevo la puerta, esto enfriará los gases junto a la entrada del recinto y empujará los gases calientes hacia el fondo debido a la expansión del agua al evaporarse, se puede repetir el proceso si se considera necesario. Este proceso puede realizarse también con un extintor portátil, el cual aplicaremos en el interior abriendo una pequeña ranura y cerrando posteriormente la puerta, ganando así tiempo hasta que un tendido de mangueras este montado y el equipo de intervención listo para actuar. Una vez realizado este proceso abriremos la puerta y comprobaremos que no se dan los síntomas de un backdraft, se accederá al interior y cerraremos la puerta lo máximo posible a nuestro paso para evitar suministrar oxígeno al incendio.

Una vez dentro del recinto existen dos formas actuación posible:

**- *Ataque directo interior:***

Si el fuego se encuentra en su fase inicial y la visibilidad en el interior es buena, podremos realizar una intervención cercana, aplicando el agua sobre la base del fuego en forma de chorro, seguiremos teniendo en cuenta que demasiado vapor puede producir quemaduras y alto estrés térmico por que el agua será aplicada siempre por medio de pulsaciones. Rebajadas las llamas, si es posible esperaremos a realizar las siguientes pulsaciones y finalmente extinguir.

Este tipo de acción es muy efectiva en la fase inicial, aunque si se dan estas características de visibilidad y radiación es muy probable que incluso con la aplicación de un extintor portátil se pueda extinguir este incendio inicial.

**- *Ataque indirecto interior:***

En condiciones más avanzadas del incendio donde el plano neutro sea cero o se esté produciendo rollover, la actuación directa sobre las llamas será imposible debido al riesgo que conlleva y la elevada radiación producida.

El objetivo de este tipo de estrategia es evitar que los gases de combustión propaguen las llamas en todo el entorno, limitando la propagación por medio del enfriamiento de la capa de gases calientes junto al techo. Para esto realizaremos pulsaciones de agua pulverizada mediante el uso de un cono de ataque seleccionado en la punta de la lanza que tendrá un ángulo de apertura de unos 40°.

La manera óptima de realizar las pulsaciones será apuntando el techo en un ángulo de unos 45°, evitando tocar con el agua las paredes y el techo del recinto que en los buques será normalmente de metal, esta agua que enfría el metal no reducirá la temperatura del humo y nos generará vapor extra, situación a evitar.

Si el recinto es demasiado grande, puede que sea necesaria la aplicación de varias pulsaciones sobre distintas regiones del techo, haciendo hasta 3 y 4 pulsaciones que deberán ser intermitentes y nunca en forma de barrido sobre el techo.

La expansión del agua de 1700 su volumen en forma de vapor, empujará los gases calientes y el humo hacia dentro del recinto al contraerlos mediante su enfriamiento, si se hace de manera adecuada se obtendrá un equilibrio entre expansión y contracción que mantendrá a raya el incendio. Incluso mediante este método se controla el efecto de rollover, pero se debe tener especial cuidado y aplicarlo desde el inicio de la habitación hasta donde nos sea posible alcanzar. De no tener cuidado y realizar el proceso paso por paso, la expansión del agua puede lanzar sobre el equipo de extinción los gases calientes, sobre el combustible tras estos y producir un flashover, cortando la salida y dejando atrapados a los bomberos en el interior de las llamas.

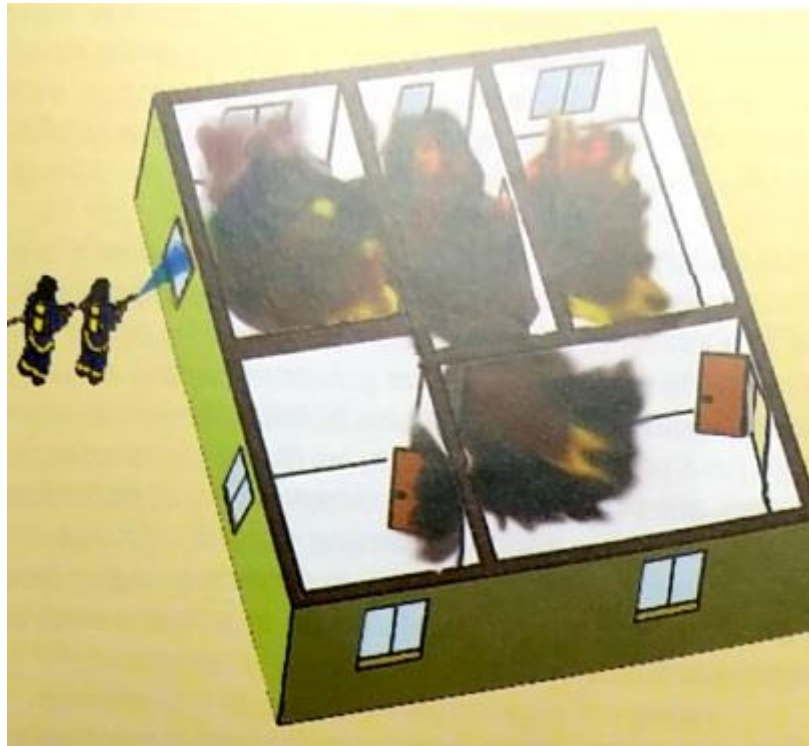
Si conseguimos contener el incendio por medio de la aplicación de pulverizaciones sobre los gases, podremos mantener la posición de las llamas y llegado un punto el combustible se agotará, actuando de este modo por des-alimentación de las llamas que puede tardar de 20 a 40 minutos. Agotado el combustible ya solo será refrigerar el recinto controlando que el vapor no sea excesivo o realizando ventilaciones para extraer el humo residual.



*Imagen 23: Entrenamiento en contenedor de ataque indirecto interior - Fuente: Bomberos Voluntarios de Granadilla de Abona*

### **III - Estrategia defensiva**

[1] Si las condiciones de seguridad no son suficientes como para efectuar un ataque de interior, bien porque ya se ha producido un flashover o no disponemos de suficiente información, se realizará una estrategia defensiva. Lanzaremos agua a través de ventanas, puertas o ranuras sin adentrarnos en el recinto, con el objetivo de mitigar las llamas y evitar su propagación. No será necesario preocuparnos por la cantidad de vapor generada, sin embargo, debe considerarse que la expansión del agua al evaporarse puede trasladar los gases calientes a otras ubicaciones de la cubierta y el recinto donde se produce si el incendio no se encuentra encerrado.



*Imagen 24: Estrategia defensiva - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

A bordo de los buques esta será la estrategia más segura en la cual no pondremos en excesivo riesgo a los tripulantes encargados de la extinción pues no los exponemos directamente las llamas, sin embargo, seremos menos efectivos ya que es improbable que podamos actuar directamente sobre el foco de un incendio desde una ventana o puerta.

Otro método de estrategia defensiva sería cerrando el recinto incendiado dejándolo confinado, con el equipo de intervención en la cubierta del incendio tan solo se debería



refrigerar los camarotes o salas anexas para evitar la propagación por conducción y autoignición del combustible. Además, un segundo equipo de apoyo debe estar enfriando la cubierta superior cuando sea necesario, pues este será el punto más crítico para una posible propagación de un incendio aislado.

El objetivo será extinguir las llamas por sofocación, una vez consumido el oxígeno en el interior, las llamas se apagarán y el recinto se enfriará gradualmente pasadas las horas. Este enfoque será útil siempre y cuando sea posible cerrar puertas y ventanas y no exista entrada de comburente al recinto ni exutorios de gases.

#### **IV - Estrategia combinada**

Nunca debe realizarse una estrategia defensiva al mismo tiempo que una ofensiva, el ataque exterior empujará los gases calientes, las llamas y el vapor hacia el interior de la cubierta, poniendo en grave riesgo al equipo de intervención en el interior, pues las condiciones iniciales con las que se encontraban varían bruscamente sin posibilidad de predecir con antelación la evolución del incendio. También debe evitarse la variación de las condiciones de ventilación del recinto, como la apertura de puertas y ventanas para no generar cambios variaciones en las condiciones mientras el equipo de intervención se encuentra en el interior.



*Imagen 25: Ataque combinado - Fuente: El Manual del Bombero Profesional. Tomo I*

Para evitar esto debe existir una comunicación clara entre el oficial al cargo de coordinar la extinción y los equipos de apoyo e intervención, que deberán informar previamente sobre cada acción a realizar y esperar por la orden clara antes de actuar.

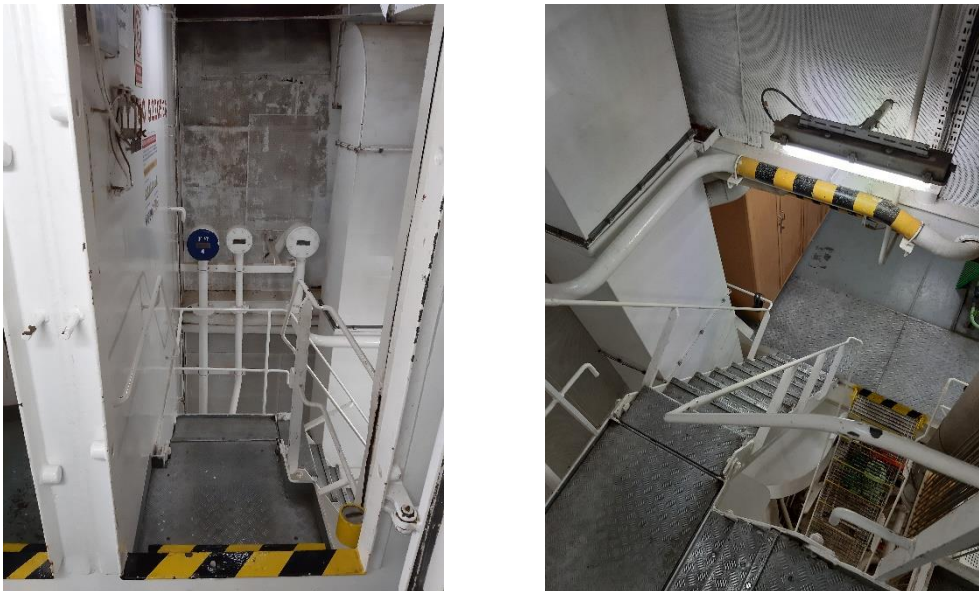
Si los equipos toman decisiones por su cuenta pueden poner en riesgo a sus propios compañeros.

## ***V - Incendios en cubiertas inferiores***

Los incendios de cubiertas inferiores en los buques llevan asociados los mismos riesgos que los incendios en sótanos, se debe tener especial cuidado a la hora de descender al recinto ya que al no disponer de salidas laterales tan solo tendremos disponibles las escaleras de bajada al lugar, como la sala de máquinas. Estas escaleras pueden convertirse rápida o paulatinamente en una chimenea por el que salgan los gases calientes del incendio o incluso las llamas por efecto del rollover debido al efecto de la convección, cortando nuestra única vía de salida y quedando atrapados en el interior.

Las localizaciones más peligrosas como los talleres o los motores principales suelen estar protegidos por dispositivos automáticos de CO<sub>2</sub> si bien no todas las partes de la cubierta están protegidas. La mejor manera de acceder escaleras abajo será con una manguera ya previamente cargada, bajar realizando pulsaciones sobre el humo y gases calientes se si considera necesario.

Si es imposible el acceso a la cubierta inferior, se aislará el recinto y se pasará a una estrategia defensiva, lanzando espuma de media o alta expansión en caso de disponer.



*Imagen 26: Acceso a cubiertas inferiores - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

## **VI - Orientación sin visibilidad**

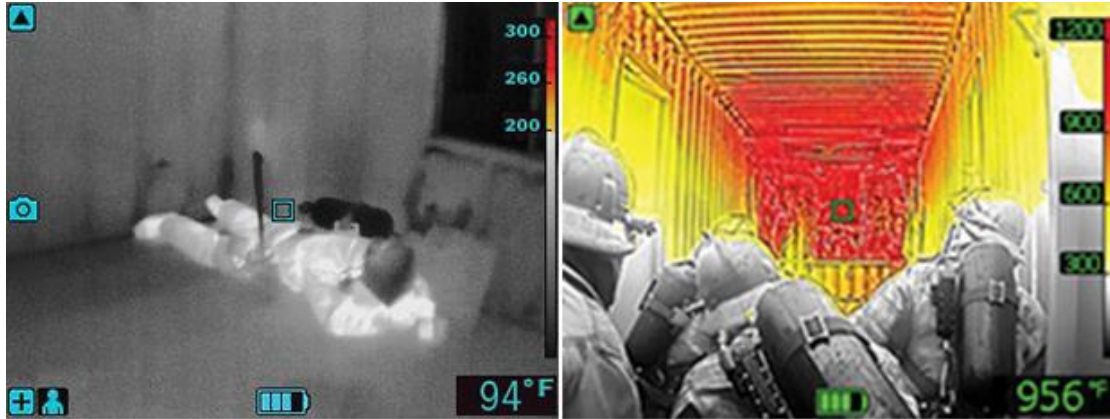
Si bien podemos considerar que conocemos perfectamente un recinto o lugar por el cual hemos transitado infinidad de veces, cuando perdemos la visión podemos desorientarnos fácilmente y ser incapaces de encontrar puertas u objetos con exactitud. Ocurre de forma habitual en el hogar cuando nos vemos durante la noche sin encender las luces, momento en que vamos tanteando en la oscuridad en busca de referencias para continuar avanzando sin chocar con nada.

Esto mismo ocurre en un incendio en el cual el plano neutro es cero, la cantidad de humo nos impide ver absolutamente nada, lo que sumado al estrés y nerviosismo por la situación puede llevar a perdernos en una cubierta y no ser capaces de localizar el incendio o salir del mismo si nos encontramos atrapados.



*Imagen 27: Cámara térmica siendo usada por un bombero - Fuente: Dräger*

Los bomberos actualmente utilizan cámaras térmicas que permiten visualizar el entorno según un rango de temperaturas y proporcionar visión de las regiones más calientes, esto nos permite ver a través del humo haciendo más sencilla la tarea de localizar el incendio o posibles víctimas atrapadas en el interior. Estos aparatos son demasiados caros y difícilmente los veremos a bordo, por lo que necesitaremos aplicar técnicas sencillas para orientarnos.



*Imagen 28: Imágenes térmicas - Fuente: Flir*

La técnica de buceo en humo más simple consiste en el momento de entrar en un recinto con plano neutro cero seleccionar la mano con la que entraremos, ya sea izquierda o derecha, y lo comunicaremos a nuestro compañero antes de entrar, una vez dentro utilizaremos nuestra mano, por ejemplo la derecha, como guía durante todo el trayecto, mientras avancemos en el recinto lo haremos junto a la pared todo el tiempo manteniendo la mano derecha siempre en contacto con la pared para evitar perder la orientación y realizando con estas batidas de arriba abajo para buscar puertas o ventanas, mientras con la mano izquierda buscaremos objetos del entorno. La pareja de intervención debe encontrarse en fila, ambos con la mano derecha apoyada sobre la pared, manteniendo una comunicación constante de lo que se encuentre, el que vaya en primera línea deberá ir informando a su compañero de aquello que identifique mediante el tacto como puertas, sillones, mesas o ventanas.



*Imagen 29: Entrenamiento de buceo en entornos con humo y visibilidad reducida -  
Fuente: Bomberos Voluntarios de Granadilla de Abona*

En caso de encontrar una puerta, los bomberos profesionales comprueban su temperatura exterior y acceden a interior en busca del incendio o de posibles víctimas. A bordo contamos con la ventaja de tener detectores de incendio, por lo que antes de acceder al interior de la cubierta ya sabremos donde se encuentra el foco del incendio pues desde el puente seremos previamente informados. Además, conociendo el número de puertas aproximadamente hasta el lugar del incendio, tan solo tendremos que usar esta técnica descrita hasta el punto donde se encuentran las llamas en caso de tener visibilidad cero.

Para salir en caso de emergencia, el método más sencillo es siguiendo la línea manguera con la que hemos accedido al recinto, abandonando la lanza si se tiene prisa por una evolución repentina de las condiciones del incendio. Otro método puede ser atando a la cintura pequeño cabos guía a los miembros del equipo de intervención, que deben tener suficiente grosor para poder seguirlos con la mano aun con los guantes de incendios puestos.

Si hemos utilizado la técnica de orientación con la mano y la pared como guía, podemos usar otro método para salir. Una vez llegados a donde queremos volver, tan

solo tendremos que girarnos 180° sobre nuestra ubicación, apoyar la otra mano en la pared, en nuestro caso de ejemplo la izquierda, y seguir la pared hasta la puerta de salida, para este método debe haberse memorizado el trayecto previamente realizado para entrar como objetos tocados y número de puertas encontradas. Es más arriesgado pues requiere mayor práctica.

Lo ideal sería practicar este tipo de ejercicios durante los simulacros contra incendios, tan solo vendando los ojos al equipo de intervención podríamos obtener una simulación más realista de un posible entorno con visibilidad cero y observar las dificultades de la búsqueda sin visibilidad.

La carencia de estos entrenamientos y formación a bordo puede producir que los tripulantes encargados de la extinción se nieguen a intervenir debido al elevado riesgo que conlleva, o incluso que los oficiales lo desaconsejen.

## ***Material y protocolos contra incendios a bordo***

---

Los materiales disponibles a bordo para la lucha contra incendios son bastante limitados pero suficientes de cara a la normativa, esto se debe a que muchas empresas ajustan el presupuesto para la compra de estos materiales que tienen un precio elevado. La mayor parte de los recursos contra incendios se destina a los elementos pasivos como los mamparos, cubiertas o puertas cortafuegos, o activos como las instalaciones fijas de CO<sub>2</sub>, rociadores, sprinklers o espuma la cuales tienen un coste elevado si bien pensamos que quizás nunca lleguen a usarse. En caso de que aun con estos sistemas, el incendio se desarrolle, la tripulación encargada de combatir las llamas tendrá una equipación de actuación limitada y probablemente insuficiente o a la cual debido a la falta de preparación no serán capaces de sacar el máximo partido.

A bordo también se disponen de planos con todos los sistemas contra incendios a lo largo y ancho del buque, así como sistemas de alarma y detección dispuestos a lo largo del buque para facilitar la tarea de localización de las llamas. [3][4][5]



## ***I - Sistemas de detección y alarma***

Los sistemas de detección en cada ubicación del buque es nuestra arma más efectiva para la vigilancia contra incendios, nos permite situar inmediatamente el foco del incendio desde un cuadro de control situado en el puente en cuya pantalla se indica la ubicación del detector o detectores activos en caso de alarma.



*Imagen 30: Cuadro de control contra incendios - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

Estos cuadros permiten el cierre de puertas contra incendios y funciones análogas como emisión de alarmas, aislamiento de detectores por mantenimiento y trabajos en caliente o sistemas de pruebas de detectores y sprinklers.

Si bien existen varias formas de detección del incendio, la más común a bordo son los detectores ópticos de humo que en presencia de partículas de humo en el ambiente dispararan la alarma contra incendios.



*Imagen 31: Detector de humo - Fuente: Quotatis*

La alarma sonora será audible en todo el buque, siendo emitida por la megafonía general del buque mediante 3 pitadas largas consecutivas, así como por los timbres de alarma contra incendios situados en todas las cubiertas del buque.



*Imagen 32: Timbre de alarma - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

Si bien los sistemas automáticos son muy eficaces y trabajan 24 horas, todo sistema siempre puede fallar tanto por errores humanos como técnicos por lo que siempre tendremos a disposición un sistema manual de alarma, para ello disponemos por todo el buque de pulsadores manuales.



*Imagen 33: Pulsador de alarma contra incendios - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

## II - Sistemas de extinción

El sistema de extinción automático más común a bordo son los sistemas de sprinklers, los cuales constan de un depósito con agua dulce y una línea de tuberías constantemente llena, en los extremos de la línea encontramos los sprinklers formados por un difusor y una ampolla que hace de cierre. La ampolla de vidrio transparente esta rellena de un líquido de color y una burbuja en su interior, cuando se alcanza la suficiente temperatura el líquido hierve y la burbuja se expande por efecto de la temperatura y expansión de los gases, rompiendo el bulbo desde su interior y liberando el flujo de agua en una circunferencia de unos 2 a 3 metros de diámetro.

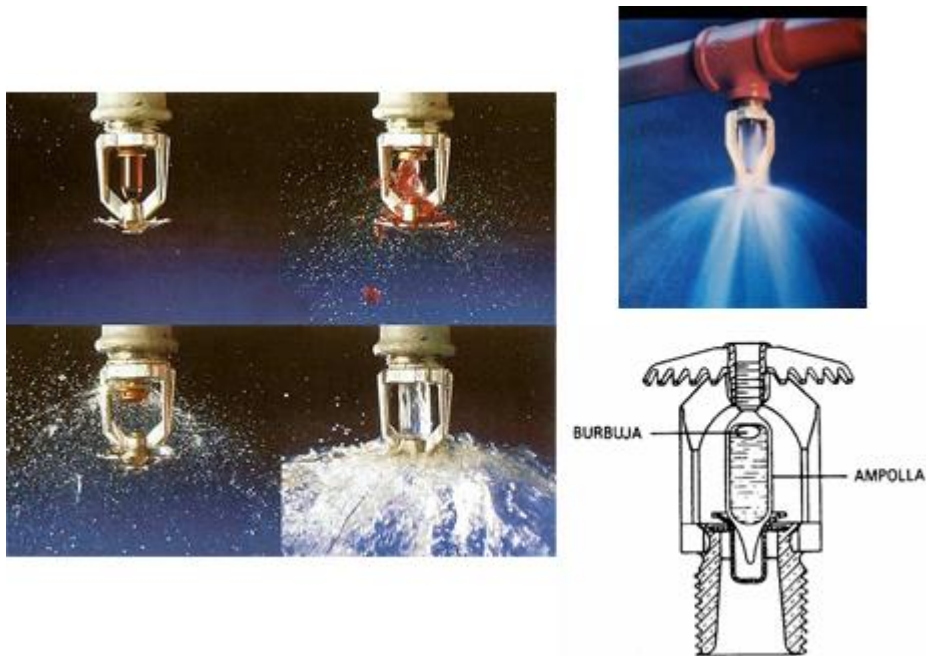


Imagen 34: Funcionamiento de un sprinkler - Fuente: [expower.es](http://expower.es)



57 °C  
68 °C  
79 °C  
93 °C  
141 °C  
182 °C

Imagen 35: Relación de color de ampollas - Fuente: [Mantenencias.com](http://Mantenencias.com)

En caso de vaciado del tanque de agua disponible, deberá arrancar automáticamente la bomba contra incendios para el llenado de la línea con agua de mar.

Dependiendo del color de la ampolla tendremos diferentes temperaturas de rotura,

variando según la ubicación del buque y las temperaturas de trabajo habituales en la zona, no siendo las mismas para un taller que para el alojamiento o la cocina.

En algunas localizaciones de determinados buques como las cubiertas de garaje de los buques Ro-Ro, los rociadores carecen de ampolla y no actúan de manera automática por lo que deben ser accionados desde el puente o la sala de control.



*Imagen 36: Rociador de espuma - Fuente: Clusterincendis.com*

Sistemas como el de espuma requiere de otro tipo de sprinklers, además de que la línea requerirá de una mezcla previa entre el agua y el espumógeno a utilizar. Se pueden utilizar espumas desde baja expansión para tanques de combustible o de alta expansión para la inundación de bodegas. Estos sistemas son caros y poco comunes.



*Imagen 37: Espuma de alta expansión inundando una nave - Fuente: Prefire.es*

[3] El capítulo 2-2 del Convenio SOLAS, exige que los espacios de máquinas tengan uno de los sistemas de extinción estipulados en la regla 10, párrafo 4.1. Pudiendo ser uno de los siguientes:

- Sistema fijo de gas
- Sistema fijo de espuma de alta expansión
- Sistema fijo de aspersor de agua a presión

El más común encontrado en las salas de máquinas de la marina mercante es el sistema fijo de CO<sub>2</sub> contando con una unidad de control de activación desde el puente y un local de seguridad en el cual se encuentran estibadas las botellas de CO<sub>2</sub>. En caso de disparo del sistema, se deberá contar con un sistema de alerta luminoso y sonoro previo al lanzamiento del gas para informar de la evacuación inmediata a la tripulación en el interior del recinto.

*Imagen 38: Botellas de CO<sub>2</sub> montadas - Fuente: Famaseg.com*



*Imagen 39: Rociador de gas -*

*Fuente: Horequipairpure.es*

### **III - Equipos y material de extinción**

El uso de sprinklers no es infalible, en muchos casos se usan solamente para mantener el control del incendio y evitar que se extienda mediante el enfriamiento de los gases calientes que se desplazan junto al techo por efecto de la convección, evitando así el rollover y controlando la propagación. Siempre será necesaria la actuación de personal humano para culminar las labores de extinción o al menos de refrigeración y comprobación de la zona incendiada.

Para ello disponemos de diferentes equipos y materiales situados en varios puntos del buque. Todo buque dispone de un pañol de seguridad en el cual debe haber estibados equipamiento de bombero listo para uso, en caso de encontrarse cerrado deberá disponerse de una llave cerca, estibada en una caja con un vidrio de rotura sencilla para casos de emergencia. También se disponen de diferentes equipos fijos de uso rápido a lo largo y ancho del buque que serán mostrado a continuación. [4][5]



*Imagen 40: Pañol de seguridad con su respectiva señalización - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

En las ubicaciones que dispongan de equipos de bombero irán señalizados de acuerdo a la normativa como figura en la imagen superior, además de estibados en cajones debidamente indicados.



*Imagen 41: Cajón contra incendios y material en su interior - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

En el interior de estos cajones dispondremos al menos del siguiente material.

- **Casco de bombero:** en la mayoría de los buques el disponible es de un modelo lo más económico posible, siendo en ocasiones inadecuado para actuar en incendios confinados debido a las pantallas de protección incómodas más propias de un casco para cortes de material y de la ausencia de protección lateral de la cabeza. [12]



*Imagen 42: Casco de intervención a bordo - Fuente: Buque Esperanza del Mar*



*Imagen 43: Casco profesional - Fuente: Draeger.com*

- **Traje de intervención:** compuesto por chaquetón, cubre pantalón, guantes, botas y en ocasiones el denominado verdugo. Traje diseñado para resistir altas cantidades de radiación térmica y para ser transpirable, facilitando así la sudoración del bombero y mantener largas intervenciones a altas temperaturas de más de 400 °C en la cara exterior del traje. [12]



*Imagen 44: Traje de intervención - Fuente: Draeger.com*

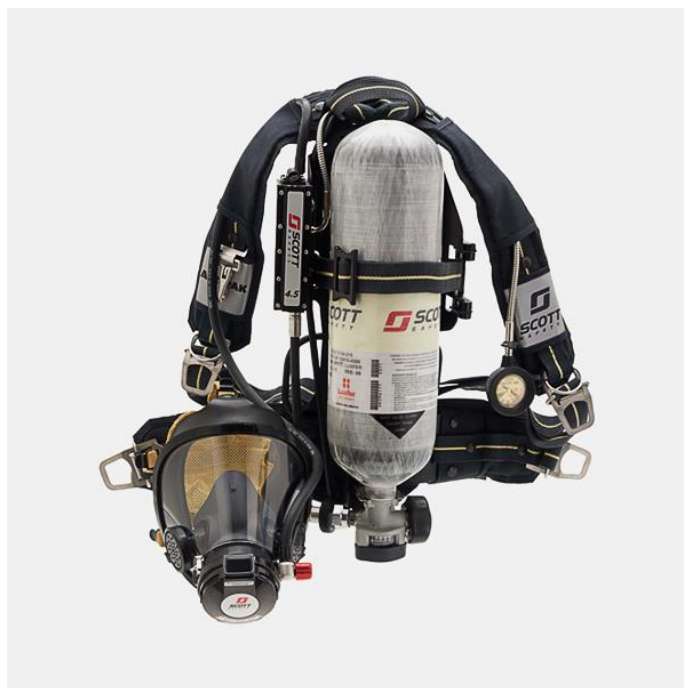
Este modelo profesional tiene un alto coste, encontrando modelos más económicos a bordo con menor calidad.



*Imagen 45: Tripulante de la marina mercante con traje de intervención - Fuente: DocPlayer*



- **Equipo de Respiración Autónomo:** los ERA son equipos específicos diseñados para trabajar en atmósferas nocivas en las cuales el aire es irrespirable, proporcionando al usuario un circuito cerrado de oxígeno que permite trabajar en dichas atmósferas.



*Imagen 46: ERA - Fuente: GlobalSafety*

Generalmente están compuestos por una espaldadera con trinchas de sujeción, una botella de unos 6 litros de capacidad que trabaja sobre 300 bares de presión, obteniendo así mediante multiplicación unos 1.800 litros de aire comprimido cuya duración durante el uso depende del trabajo a realizar y de la condición física del usuario, pudiendo variar desde 15 minutos hasta más de 45. Disponemos en la botella de una válvula de apertura y cierre situada en la parte inferior del equipo una vez montado, esto es para proteger de la radiación térmica y de los posibles golpes durante su uso esta parte del equipo que es la más frágil del conjunto. Tras la válvula encontramos el mano-reductor regulador de la presión de salida, un manómetro indicador de presión restante en el equipo y la máscara de respiración.

*Imagen 47: Mascara  
contra incendios -  
Fuente: Draeger*



Las máscaras se encuentran acopladas al equipo mediante un pulmo que actúa a demanda, es decir, suministra aire cuando el usuario inspira. La máscara debe ajustarse al rostro para evitar fugas, manteniendo en el interior una presión positiva superior a la del ambiente para evitar la entrada de gases nocivos al interior de la máscara en caso de fugas, también disponen de una mascarilla buco-nasal interior y una válvula de retorno para la salida del aire exhalado hacia el exterior. La sujeción varía en función de si están unidas al casco como en los modelos profesionales, o de trinchas para sujetar a la cabeza como se muestra en la imagen superior.

Además de estos materiales, la normativa obliga a disponer de un cinturón con material como un hacha o un mazo para el equipo de bombero, además de una cuerda guía para situaciones de buceo en humo.

En algunos buques dispondremos de equipos de espuma, sobre todo en aquellas ubicaciones en la que se almacene combustible, siendo sus componentes los siguientes:

- **Cajón con material de espuma:** contienen todo el material necesario para uso de la espuma como agente extintor.



*Imagen 48: Cajón y material para el uso de espuma - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

- **Espumógeno:** agente usado para obtener la espuma una vez mezclado con el agua, su porcentaje de uso varía en función del tipo y fabricante pudiendo ir desde un 0.1% para espumas de alta calidad hasta un 6% para las más económicas. Este porcentaje nos indica la proporción de mezcla con el agua para obtener una espuma optima, por ejemplo, una espuma del 3% nos indica que, de cada 100 litros de agua, en relación 3 litros deberán ser de espumógeno para obtener espuma.



*Imagen 49: Garrafa de espumógeno -*

*Fuente: Naffco.com*

- **Mezclador y espadín:** estas dos piezas sirven de conexión entre el tendido de agua y la garrafa de espumógeno, introduciendo el espumógeno por efecto Venturi en la línea de agua. En el mezclador se ajusta el porcentaje de trabajo indicado por el fabricante, mientras que el espadín se conecta a este y se introduce su extremo en la garrafa.



*Imagen 50: Sistema de espuma con mezclador y espadín - Fuente: LeaderGroup*

- **Lanza de espuma:** necesaria para la fabricación final de la espuma, ya que incluye el aire necesario en la mezcla de espumógeno y agua, denominado espumante. Dependiendo del tipo de lanza obtendremos una espuma de baja o media expansión para los equipos más comunes a bordo.



*Imagen 51: Lanza de espuma para baja expansión - Fuente: LeaderGroup*

Estas lanzas de baja expansión incluyen un porcentaje mínimo de aire a la mezcla para formar la espuma, obteniendo una relación menor a 1:50 de espuma, es decir, por cada litro de espumógeno usado obtenemos menos de 50 litros de espuma, siendo este valor referencia para las espumas de baja expansión. Quedando una espuma muy líquida útil para derrames en grandes superficies planas como cubiertas, siendo especialmente útil a bordo pues el propio balanceo ayuda a distribuir la espuma sobre el combustible derramado.

Por su parte las espumas de media expansión tienen una relación entre 1:50 y 1:250, por lo que requieren una mayor entrada de aire en la mezcla producida por efecto Venturi en la punta de la lanza. Las lanzas de media también tienen una rejilla metálica que facilita la ruptura del espumante para generar un colchón de espuma mayor.



*Imagen 52: Lanza de espuma para media expansión - Fuente: Uralasolutions*

En todas las cubiertas disponemos de cajones con material contra incendios en su interior compuesto por una lanza y una manguera de 45mm de diámetro. Siendo diferentes si se encuentran en el interior o exterior de las cubiertas.

- **BIE Interior:** las bocas de incendio equipadas o BIE, se encuentran en las zonas interiores del buque, cuentan con una manguera, una conexión al circuito contra incendios del buque y una lanza para su uso.



*Imagen 53: BIE interior - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

- **Cajón CI exterior:** los cajones con material exteriores disponen de una manguera además de la lanza, y deberán conectarse a una toma en las cercanías del cajón.



*Imagen 54: Cajón CI exterior y conexión - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

La pieza más importante a la hora de combatir un incendio interior mediante un ataque ofensivo corresponde a la punta de lanza contra incendios. Las lanzas a bordo suelen ser de baja calidad pues la normativa tan solo exige que estas dispongan de apertura y cierre de la línea de agua.



*Imagen 55: Lanza contra incendios a bordo -  
Fuente: Buque Esperanza del Mar*

Estas lanzas se muestran ineficaces para los protocolos de actuación mediante dosificación de agua mostrados en capítulos anteriores, pues no permiten una regulación del caudal de salida ni una apertura y cierre rápidos, siendo útiles para estrategias contra incendio defensivas sin acceso a recintos confinados. Aunque algunos modelos permiten entre los diferentes tipos de modos de ataque al fuego como chorro, cono o cortina defensiva.



*Imagen 56: Chorro, cono de ataque y cortina o pantalla defensiva en un lanza  
contra incendios - Fuente: AprendEmergencias*

Las lanzas profesionales disponen de una empuñadura, una conexión a la manguera rotativa para evitar desracorados accidentales, un accionador de apertura y cierre rápido que puede ser de gatillo para incendios de interior, un regulador de caudal que nos permite variar la cantidad de agua de salida y un difusor para variar entre los distintos modos de ataque permite una rotación veloz con pequeños gestos de muñeca.



*Imagen 57: Lanza profesional contra incendios -  
Fuente: LeaderGroup*



*Imagen 58: Lanza  
profesional contra incendios  
con gatillo para interiores -  
Fuente: LeaderGroup*

El elevado coste de estas lanzas superior incluso a los 400 euros, hace que sean poco adquiridas por las empresas navieras para sus buques además de que una tripulación sin formación específica sería incapaz de sacar el rendimiento necesario a estos modelos.



Otro modelo de lanza a bordo, pero menos común, son las lanzas nebulizadoras.



*Imagen 59: Lanza nebulizadora -*

*Fuente: Axaton S.L*

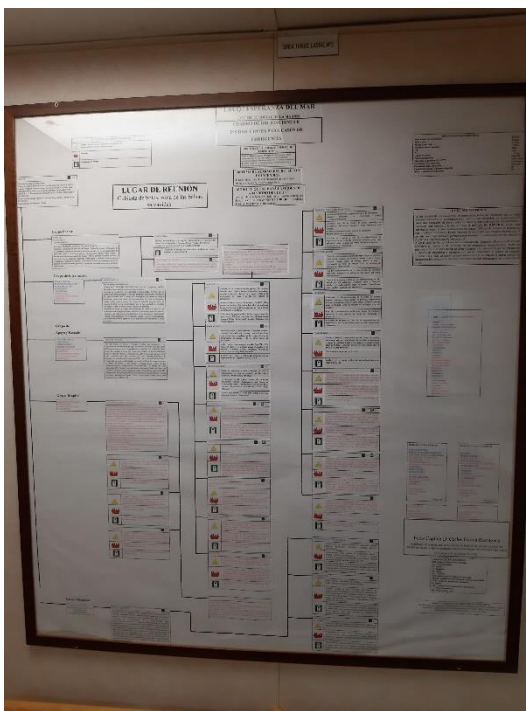
Estas lanzas permiten la dispersión del agua en una nube de pequeñas partículas, ideal para incendios de interior por su elevado aprovechamiento del agua, además de poder ser introducidas por cualquiera ranura del recinto en llamas y disparadas desde la seguridad del exterior.



*Imagen 60: Uso de la lanza nebulizadora - Fuente: Axaton S.L*

## ***IV - Protocolos contra incendio***

Los protocolos a bordo vienen estipulados para cada tripulante y situación (emergencia general, incendio, hombre al agua o abandono), indicados en el cuadro general de obligaciones en situaciones de emergencia. Este cuadro se encuentra expuesto en las zonas comunes de cada cubierta, mostrando las funciones en cada caso miembro por miembro de la tripulación, además en cada camarote deben figurar a la vista las instrucciones individuales del ocupante en un papel o pegatina informativa para consulta.



*Imagen 61: Cuadro de obligaciones para casos de emergencia situado en zona común - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

Para los casos de incendio se reparten comúnmente de acuerdo al cuadro de obligaciones de la siguiente forma mostrada, pudiendo variar en función del número de tripulantes, el tipo de buque o si es un buque de pasaje:

- Acudirán al puente y la sala de control de la máquina normalmente el capitán y el jefe de máquinas respectivamente, para las tareas de coordinación y gestión del incendio.

- El equipo de intervención encargado de la extinción del incendio suele estar integrado por dos miembros, un oficial y el conrmaestre, aunque algunos buques disponen de un tercer miembro. Se equipan los trajes contra incendios y los ERA disponibles en los pañoles de seguridad.

- El equipo de apoyo, constituido por un oficial y uno o dos marineros. Encargados de ayudar el equipo de intervención mediante tareas de refrigeración de las cubiertas superiores al incendio evitando así la propagación por conducción. Este equipo normalmente no dispone de material de bombero equipado con lo que sus funciones son bastante limitadas.

- Personal asignado al cierre de ventilaciones para evitar la propagación del incendio, este procedimiento se realiza además para intentar apagar el incendio por ausencia de comburente ahogando el fuego en su propio humo.



*Imagen 62: Ventilaciones y tapas de cierre - Fuente: Buque Esperanza del Mar*

- El resto de la tripulación apoyara en menor medida y desde las zonas exteriores a los equipos de extinción mediante el uso del material disponible en los cajones contra incendios, o se dirigirán al punto de reunión más cercano para una posible evacuación, en caso de pasajeros a bordo estarán encargados de la gestión de estos en sus respectivos puntos asignados.



Estos planos se encuentran expuestos en las zonas comunes del buque en cada una de las diferentes cubiertas para consulta de la tripulación, además se encuentran estibados en cilindros debidamente señalados en los lugares de acceso al buque como escalas de práctico, portales de acceso o helipuertos para su uso por partes de los equipos de bomberos en caso de necesidad.



*Imagen 64: Planos contra incendio en zona de acceso -  
Fuente: Buque Esperanza del Mar*

La simbología incluida en estos planos viene referenciada en la siguiente tabla, de acuerdo con la normativa OMI Resolución A.952(23) - Signos gráficos para los planos de lucha contra incendios de a bordo:

	<b>OMI-301</b> Plan de extinción de incendios	<b>OMI-302</b> Panel de alarma de incendios	<b>OMI-303</b> Pulsador de alarma de fuego	<b>OMI-304</b> Bocina de alarma de incendios
<b>OMI-305</b> Campana de alarma de incendios	<b>OMI-306</b> Punto de alarma manual	<b>OMI-307</b> Espacio protegido con alarma automática inc.	<b>OMI-308</b> Espacio protegido por CO2	<b>OMI-309</b> Alarma de CO2
<b>OMI-310</b> Estación de descarga de CO2	<b>OMI-311</b> Depósitos de halón en área protegida	<b>OMI-312</b> Batería de halón 1301	<b>OMI-313</b> Estación de recarga de halón	<b>OMI-314</b> Espacio protegido por halón 1301
<b>OMI-315</b> Alarma de halón	<b>OMI-316</b> Instalación de espuma	<b>OMI-317</b> Cañón de espuma	<b>OMI-318</b> Inyector de espuma	<b>OMI-319</b> Espacio protegido por espuma
<b>OMI-320</b> Válvula de espuma	<b>OMI-321</b> Aplicador portátil de espuma	<b>OMI-322</b> Estación de descarga de espuma	<b>OMI-323</b> Bomba de incendios de emergencia	<b>OMI-324</b> Control remoto bombas de incendios e interruptor de emergencia



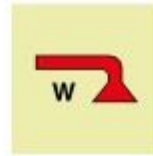
**OMI-325**  
Bomba de sentina



**OMI-326**  
Bomba de sentina de emergencia



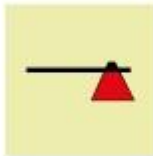
**OMI-327**  
Cañón de agua



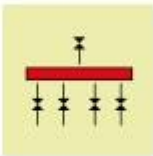
**OMI-328**  
Aplicador de niebla de agua



**OMI-329**  
Teléfono de emergencia



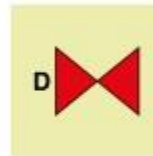
**OMI-330**  
Cortafuego



**OMI-331**  
Instalación de empape



**OMI-332**  
Espacio protegido por sistema de empape



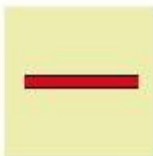
**OMI-333**  
Válvula sistema de empape



**OMI-334**  
Estación de incendios



**OMI-335**  
Estación de control



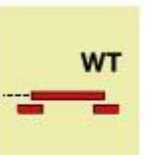
**OMI-336**  
División clase "A"



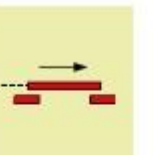
**OMI-337**  
Puerta de incendios clase "A"



**OMI-338**  
Puerta de incendios clase "A" autocierre



**OMI-339**  
Puerta de incendios clase "A"



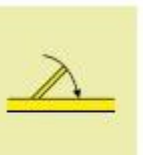
**OMI-340**  
Puerta de incendios clase "A" autocierre



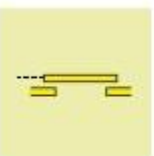
**OMI-341**  
División clase "B"



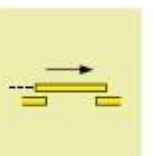
**OMI-342**  
Puerta de incendios clase "B"



**OMI-343**  
Puerta de incendios clase "B" autocierre



**OMI-344**  
Puerta de incendios clase "B"



**OMI-345**  
Puerta de incendios clase "B" autocierre



**OMI-346**  
Zona vertical principal



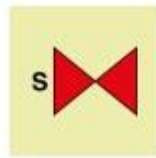
**OMI-347**  
Instalación de sprinklers



**OMI-348**  
Espacio protegido por sprinklers



**OMI-349**  
Alarma de sprinklers



**OMI-350**  
Válvula de sección de sprinklers



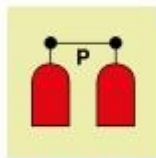
**OMI-351**  
Instalación de polvo



**OMI-352**  
Cañón de polvo



**OMI-353**  
Manguera y lanza de polvo



**OMI-354**  
Estación de descarga de polvo



**OMI-355**  
Detector de llama



**OMI-356**  
Detector de humo



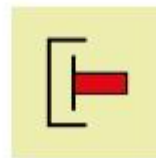
**OMI-357**  
Detector de temperatura



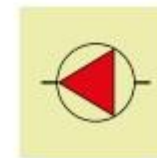
**OMI-358**  
Detector de gas



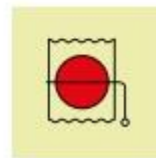
**OMI-359**  
Válvulas de incendios



**OMI-360**  
Conexión lateral internacional



**OMI-361**  
Bomba de incendios



**OMI-362**  
Corta fuegos en respiradero



**OMI-363**  
Claraboyas con control remoto



**OMI-364**  
Válvulas con control remoto aceite/combustible



**OMI-365**  
Armario con equipo de bomberos



**OMI-366**  
Armario con equipo de respiración



**OMI-367**  
Armario con ropa protectora



**OMI-368**  
Sistema para cierre de ventilación exterior



**OMI-369**  
Instalación de gas inerte



**OMI-370**  
Surtidor de espuma de alta expansión

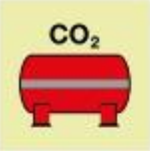
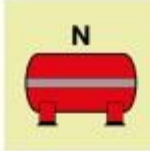
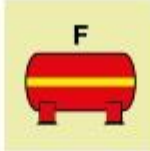
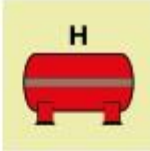

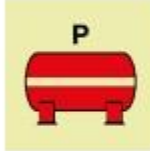

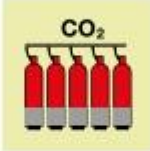
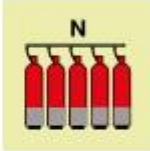
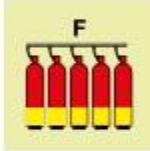
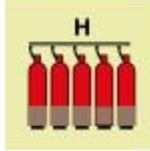
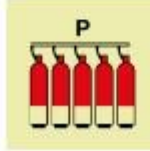
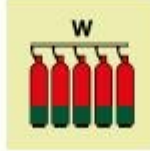
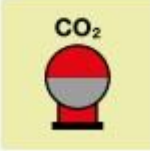
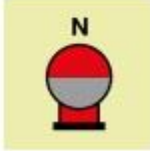












**OMI-371**  
Generador de emergencia



**OMI-372**  
Centralita telefónica de emergencias

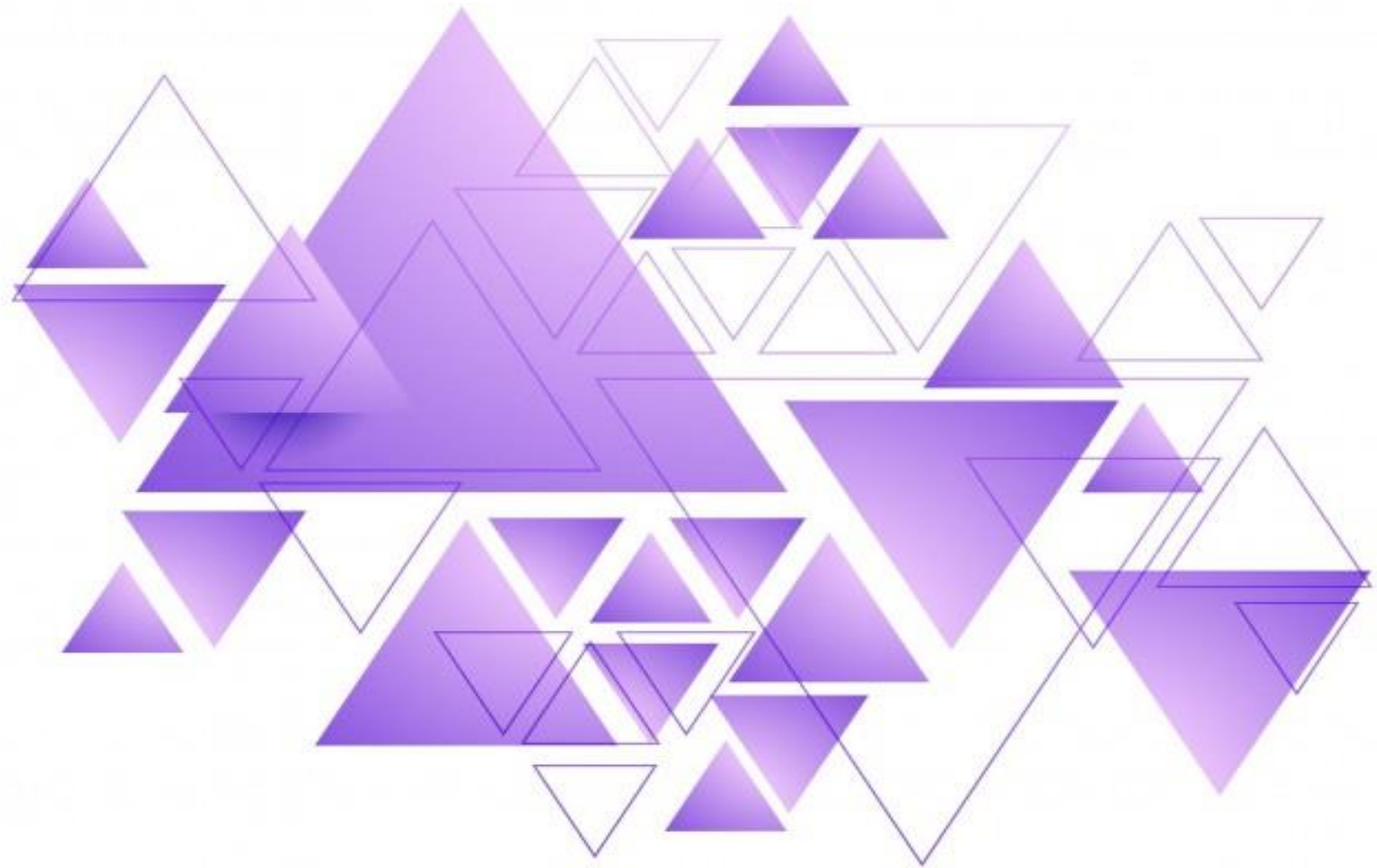


				
<b>OMI-373</b> Depósito de CO2	<b>OMI-374</b> Depósito de nitrógeno	<b>OMI-375</b> Depósito de espuma	<b>OMI-376</b> Depósito de gas	
				
<b>OMI-377</b> Depósito de polvo	<b>OMI-378</b> Depósito de agua	<b>OMI-379</b> Batería de CO2	<b>OMI-411</b> Batería de nitrógeno	<b>OMI-412</b> Batería de espuma
				
<b>OMI-380</b> Batería de gas	<b>OMI-381</b> Batería de polvo	<b>OMI-382</b> Batería de agua	<b>OMI-383</b> Depósito de CO2 en área protegida	<b>OMI-384</b> Depósito de nitrógeno en área protegida
				
<b>OMI-385</b> Depósito de gas en área protegida	<b>OMI-386</b> Depósito de polvo en área protegida	<b>OMI-387</b> Depósito de agua en área protegida	<b>OMI-388</b> Cañón de espuma	<b>OMI-389</b> Cañón de polvo
				
<b>OMI-390</b> Cañón de agua	<b>OMI-391</b> Manguera de espuma	<b>OMI-392</b> Manguera de polvo	<b>OMI-393</b> Manguera de agua	<b>OMI-394</b> Extintor de CO2 6Kg

		<b>OMI-395</b> Extintor de espuma 6l	<b>OMI-396</b> Extintor de gas 6l	<b>OMI-397</b> Extintor de polvo 6l	<b>OMI-398</b> Extintor de agua 6l
	<b>OMI-399</b> Carro extintor de CO2 de 50 Kg	<b>OMI-400</b> Carro extintor de espuma de 50 Kg	<b>OMI-401</b> Carro extintor de gas de 50 Kg	<b>OMI-402</b> Carro extintor de polvo de 50 Kg	<b>OMI-403</b> Carro extintor de agua de 50 Kg
	<b>OMI-404</b> Área protegida por CO2	<b>OMI-405</b> Área protegida por espuma	<b>OMI-406</b> Área protegida por gas	<b>OMI-407</b> Área protegida por polvo	<b>OMI-408</b> Área protegida por agua
	<b>OMI-409</b> Área protegida por sprinkler				

Tabla 6: Simbología en planos contra incendios a bordo - Fuente: Catálogo de señalización y accesorios S21 Ashlight Productos fotoluminiscentes

# Conclusiones



Si bien los equipos a bordo se ajustan a las normativas vigentes, estos se hacen siempre insuficientes en caso de incendio pues muchos de ellos son modelos económicos que en incendios confinados pueden no cumplir la función necesaria del modo adecuado. Siempre es necesario la inclusión de un material de mejor calidad en especial para el equipo humano de intervención a bordo.

Aun con los materiales adecuados, la tripulación no dispone de la formación y experiencia de un equipo profesional dedicados a los incendios, por muchos cursos y formación recibida nunca será posible formar a un nivel alto a personal que no dispone de experiencia en incendios reales, ni es su función como navegantes por lo que en un caso real ante el estrés y el peligro de la situación pueden negarse a intervenir ante unas condiciones tan adversas y con riesgos para la vida si se actúa de manera errónea.

Para evitar poner en riesgo a los tripulantes, se debe poner mayor interés y esfuerzo en la mejora de los sistemas automáticos de extinción con sistemas fijos como el CO<sub>2</sub> o de espuma de alta expansión, que, aun teniendo un coste elevado para el armador en la construcción, son altamente eficaces para el control de incendios sin riesgo.

La formación del personal debería limitarse al uso de extintores portátiles como método de primera intervención, así como la prevención y revisión de equipos fijos. Siendo los sistemas fijos lanzados de manera automática en caso de incendio si la tecnología a bordo lo permite, o en su defecto por un oficial ante el posible fallo de los automatismos.

Futuras mejoras en la automatización requerirán de nuevas normativas incluidas por parte de la OMI de carácter obligatorio para los armadores, sino el carácter pasivo de la industria ante las emergencias producirá un estancamiento en los sistemas de extinción actuales, los cuales se quedan anticuados a medida que se desarrollan nuevas tecnologías de extinción con el paso del tiempo.

## **Conclusions**

Although on-board equipment complies with the regulations in force, they are always insufficient in case of fire, since many of them are economic models that, in confined fires, may not fulfill the necessary function in the appropriate manner. Whenever necessary, the inclusion of a better quality material especially for the human intervention team on board.

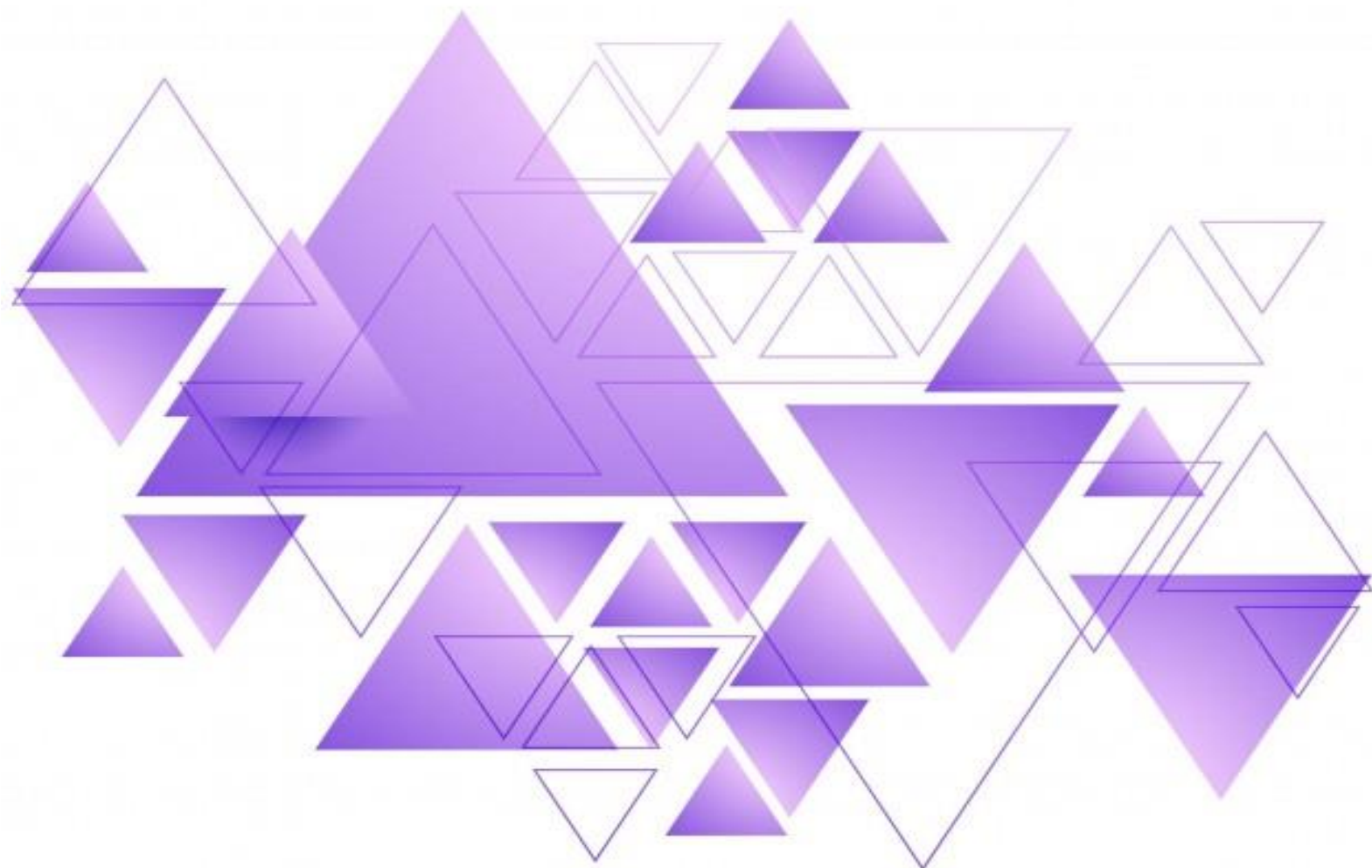
Even with the right materials, the crew does not have the training and experience of a professional team dedicated to the fires, for many courses and training received it will never be possible to train at a high level personnel who do not have experience in real fires, nor it is their function as navigators, so in a real case, given the stress and danger of the situation, they can refuse to intervene in such adverse conditions and with risks to life if they act in a wrong way.

To avoid putting crew members at risk, greater interest and effort should be put into improving automatic extinguishing systems with fixed systems such as CO<sub>2</sub> or high expansion foam, which, although having a high cost for the owner in the construction, are highly effective for fire control without risk.

Personnel training should be limited to the use of portable extinguishers as a method of first intervention, as well as the prevention and review of fixed equipment. Being the fixed systems launched automatically in case of fire if the technology on board allows it, or in its absence by an officer before the possible failure of the automatisms.

Future improvements in automation will require new regulations included by the IMO mandatory for shipowners, but the passive nature of the industry in the face of emergencies will produce a stagnation in the current extinction systems, which become obsolete as new extinction technologies are developed over time.

# Bibliografía



- [1] BERMEJO MARTÍN, F. (2010) *Manual del bombero profesional, Tomos I y II*. Badajoz. Editorial Videotraining.
- [2] PAUL ALLAN, T. y GENE MOSCA (2010) “Volumen I: Mecánica / Oscilaciones y Ondas / Termodinámica”. *Física para la ciencia y la tecnología 6ª Edición*. Editorial Reverté.
- [3] OMI (2014) “Capítulo II-2: Construcción - Prevención, Detección y extinción de incendios”. *Convenio SOLAS, edición refundida 2014, (pp. 163-326)*. Londres.
- [4] OMI (Diciembre 2015) “Resolución MSC.365(93)”. *Convenio SOLAS, edición refundida 2014, Suplemento diciembre 2015, (pp. 2-14)*. Londres. Comité de Seguridad Marítima.
- [5] OMI (Diciembre 2000) “Resolución MSC. 98(73) - Anexo 6”. *Adopción del Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios*. Londres. Comité de Seguridad Marítima.
- [6] OMI (Diciembre 2003) “Resolución A.952(23)”. *Signos gráficos para los planos de lucha contra incendios a bordo*. Asamblea 23ª de la Organización Marítima Internacional.
- [7] EMSA (2018) *Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2018*. Lisboa, Portugal. European Maritime Safety Agency.
- [8] CIAIM (2018) *Memoria Anual 2017*. Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos. Gobierno de España, Ministerio de Fomento, Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones.
- [9] AGCS (2018) *Safety and Shipping Review 2018*. Munich, Alemania. Allianz Global Corporate & Specialty.
- [10] S21 Señalización (2019) *Catálogo de señalización y accesorios*. <https://s21.es>
- [11] OMI (2019) *History of SOLAS*. <http://www.imo.org/es/KnowledgeCentre/ReferencesAndArchives/HistoryofSOLAS/Paginas/Default.aspx> [Consulta 14 de febrero de 2019]

[12]DRÄGER(2019) *Material de bomberos.*

[https://www.draeger.com/es\\_es/Fire-Services](https://www.draeger.com/es_es/Fire-Services) [Consulta 4 de marzo de 2019]

[13]INSHT(2019) *Fichas Internacionales de Seguridad Química.*

<https://www.insht.es/fsiq> [Consulta 2 de abril de 2019]