

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Técnica Naval**

**Diseño y cálculo del sistema de extinción de incendios por CO<sub>2</sub> en un buque Ro-Ro de 210 plataformas**

**Ana Belén CARRASCO MARTÍNEZ**



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Marzo 2013**



## **AVISO IMPORTANTE:**

El único responsable del contenido de este proyecto es el alumno que lo ha realizado.

La Universidad de Cádiz, La Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval, los Departamentos a los que pertenecen el profesor tutor y los miembros del Tribunal de Proyectos Fin de Carrera así como el mismo profesor tutor **NO SON RESPONSABLES DEL CONTENIDO DE ESTE PROYECTO.**

Los proyectos fin de carrera pueden contener errores detectados por el Tribunal de Proyectos Fin de Carrera y que estos no hayan sido implementados o corregidos en la versión aquí expuesta.

La calificación de los proyectos fin de carrera puede variar desde el aprobado (5) hasta la matrícula de honor (10), por lo que el tipo y número de errores que contienen puede ser muy diferentes de un proyecto a otro.

Este proyecto fin de carrera está redactado y elaborado con una finalidad académica y nunca se deberá hacer uso profesional del mismo, ya que puede contener errores que podrían poner en peligro vidas humanas.

Fdo. La Comisión de Proyectos de Fin de Carrera  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Naval  
Universidad de Cádiz

## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>OBJETIVO DEL PROYECTO</b>	<b>II</b>
<b>CAPÍTULO 1. DEFINICIÓN GENERAL DEL BUQUE</b>	<b>- 5 -</b>
1. TIPO DE BUQUE	- 5 -
2. DIMENSIONES PRINCIPALES	- 7 -
3. CAPACIDADES	- 8 -
4. CONSUMO, VELOCIDAD Y AUTONOMÍA	- 10 -
5. ACOMODACIÓN	- 10 -
<b>CAPÍTULO 2. NORMATIVA</b>	<b>- 1 -</b>
• <b>SOLAS DE 1974 (CONSOLIDADO EN EL 2004):</b>	<b>- 1 -</b>
CAPÍTULO II-2.- CONSTRUCCIÓN – PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS	- 1 -
REGLA 10. LUCHA CONTRA INCENDIOS	- 1 -
– Apartado 4:	- 1 -
– Apartado 5:	- 1 -
– Apartado 6:	- 1 -
• <b>CÓDIGO DE SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (SSCI)</b>	<b>- 1 -</b>
– Capítulo 5.	- 1 -
– Capítulo 8.	- 1 -
– Capítulo 9.	- 1 -
• <b>MSC/CIR 1037</b>	<b>- 2 -</b>
• <b>NORMAS DE LA SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN: BUREAU VERITAS</b>	<b>- 2 -</b>
• <b>NORMAS DIN</b>	<b>- 2 -</b>
<b>CAPÍTULO 3. TEORÍA DEL FUEGO</b>	<b>- 4 -</b>
1. TEORÍA DE LA GENERACIÓN DEL FUEGO	- 4 -
2. LA COMBUSTIÓN	- 4 -
3. EL TRIÁNGULO Y EL TETRAEDRO DEL FUEGO	- 4 -
3.1 COMBURENTE	- 6 -
3.2 COMBUSTIBLE	- 7 -
3.3 CALOR (ENERGÍA DE ACTIVACIÓN)	- 8 -
3.4 REACCIÓN EN CADENA	- 9 -
4. CLASIFICACIÓN DE LAS COMBUSTIONES	- 9 -
5. FUENTES DE IGNICIÓN	- 10 -
6. EVOLUCIÓN DE LOS INCENDIOS	- 10 -
6.1 INICIACIÓN	- 11 -
6.2 DESARROLLO	- 11 -
6.3 PROPAGACIÓN	- 12 -
6.4 EXTINCIÓN	- 13 -

6.4.1 Desalimentación	- 14 -
6.4.2 Sofocación	- 14 -
6.4.3 Enfriamiento	- 15 -
6.4.4 Rotura de la reacción en cadena	- 15 -
<b>7. TIPOS DE FUEGO</b>	<b>- 15 -</b>
7.1 FUEGOS DE CLASE A	- 15 -
7.2 FUEGOS DE CLASE B	- 16 -
7.3 FUEGOS DE CLASE C	- 17 -
7.4 FUEGOS DE CLASE D	- 17 -
7.5 FUEGOS DE CLASE E	- 17 -
<b>8. CAUSAS PRINCIPALES DE INCENDIOS ABORDO</b>	<b>- 18 -</b>
8.1 APARATOS ELÉCTRICOS	- 18 -
8.2 FUGAS DE ACEITES Y COMBUSTIBLES EN LA SALA DE MÁQUINAS	- 18 -
8.3 RECALENTAMIENTO DE COJINETES	- 19 -
8.4 TRABAJOS EN CALIENTE	- 19 -
8.5 IGNICIÓN ESPONTÁNEA	- 19 -
8.6 ELECTRICIDAD ESTÁTICA	- 20 -
8.7 EQUIPO DE COCINA	- 20 -
8.8 CORTOCIRCUITOS	- 20 -
<b>CAPÍTULO 4. CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES EXTINTORES</b>	<b>- 21 -</b>
<b>1. EL AGUA COMO AGENTE EXTINTOR</b>	<b>- 21 -</b>
<b>2. LAS ESPUMAS COMO AGENTES EXTINTORES</b>	<b>- 22 -</b>
• ESPUMA DE BAJA EXPANSIÓN:	- 23 -
• ESPUMA DE MEDIA EXPANSIÓN	- 23 -
• ESPUMA DE ALTA EXPANSIÓN	- 23 -
<b>3. EL POLVO QUÍMICO COMO AGENTE EXTINTOR</b>	<b>- 24 -</b>
<b>4. HALONES</b>	<b>- 24 -</b>
<b>5. EL CO<sub>2</sub> COMO AGENTE EXTINTOR</b>	<b>- 25 -</b>
5.1 PROPIEDADES DEL CO <sub>2</sub>	- 25 -
5.1.1 Electricidad Estática	- 27 -
5.1.2 Densidad del Vapor	- 27 -
5.2 EFECTOS FISIOLÓGICOS	- 27 -
5.3 CAPACIDAD DE EXTINCIÓN DEL CO <sub>2</sub>	- 28 -
• Fuegos de Clase A, combustibles sólidos:	- 28 -
• Fuegos de Clase B y C, líquidos inflamables y gases combustibles:	- 28 -
• Fuegos de Clase E, fuegos con presencia eléctrica:	- 29 -
• Fuegos de productos que no precisen el oxígeno del aire para su combustión	- 29 -
<b>CAPITULO 5. SISTEMA FIJO DE CONTRAINCENDIOS POR CO<sub>2</sub></b>	<b>- 30 -</b>
<b>1.- TIPOS DE INSTALACIONES FIJAS DE GAS(CO<sub>2</sub>)</b>	<b>- 31 -</b>
1.2 SISTEMAS DE ALTA PRESIÓN	- 31 -
• Sistemas de Inundación Total	- 31 -
• Sistemas de Aplicación Local	- 31 -
1.1 SISTEMAS DE BAJA PRESIÓN	- 31 -
• Sistemas de Inundación Total	- 31 -
• Sistemas de Aplicación Local	- 31 -
1.1 SISTEMA FIJO DE BAJA PRESIÓN	- 31 -

1.2- SISTEMA FIJO DE ALTA PRESIÓN	- 31 -
1.3.- SISTEMAS DE INUNDACIÓN TOTAL	- 32 -
<b>1.4.- SISTEMAS DE APLICACIÓN LOCAL</b>	<b>- 33 -</b>
<b>1.5 SISTEMA A INSTALAR EN NUESTRO BUQUE</b>	<b>- 33 -</b>
1.5.1. ESPACIOS A PROTEGER	- 34 -
<b>2.- COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FIJA DE ALTA PRESIÓN</b>	<b>- 35 -</b>
2.1.- ESPACIO DE ALMACENAMIENTO DEL AGENTE EXTINTOR	- 35 -
<b>2.2.- BOTELLAS DE CO2</b>	<b>- 36 -</b>
2.2.1.- Método de comprobación del grado de llenado de las botellas.	- 37 -
Descripción de funcionamiento.	- 37 -
<b>2.3.- ANCLAJE DE BOTELLAS</b>	<b>- 38 -</b>
<b>2.4.- VÁLVULA DEL CILINDRO</b>	<b>- 38 -</b>
<b>2.5.- ACTUADORES</b>	<b>- 39 -</b>
<b>2.6.- VÁLVULA DE VENTEO</b>	<b>- 40 -</b>
<b>2.7.- VALVULA DE RETENCIÓN</b>	<b>- 40 -</b>
<b>2.8.- VÁLVULA DE RETENCIÓN CON SALIDA A PILOTAJE</b>	<b>- 40 -</b>
2.9.- VÁLVULA DIRECCIONAL	- 41 -
2.10.- TUBERÍAS	- 41 -
2.11.-BOQUILLAS DE DESCARGA	- 42 -
2.12.- SISTEMAS DE ALARMAS.	- 42 -
<b>3.- INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FIJO POR CO2</b>	<b>- 43 -</b>
<b>CAPÍTULO 6. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA</b>	<b>- 44 -</b>
<hr/>	
1. Nº DE BOTELLAS	- 44 -
2. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE TUBERÍAS	- 48 -
3. ESTÁNDAR DE DISEÑO Y MATERIALES	- 49 -
4. CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN	- 50 -
4.1DISPOSICIÓN	- 50 -
4.2 ACCESIBILIDAD PARA MANTENIMIENTO	- 50 -
<b>CAPÍTULO 7. MODOS DE OPERACIÓN</b>	<b>- 51 -</b>
<hr/>	
FUNCIONAMIENTO GRUPO1 (MANUAL/REMOTA):	- 52 -
FUNCIONAMIENTO EN CONDUCTO EXTRACCIÓN DE LA CAMPANA DE LA COCINA (GRUPO2):	- 53 -
INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN	- 53 -
<b>PLANOS</b>	<b>- 55 -</b>
<hr/>	
<b>ANEXOS</b>	<b>- 65 -</b>
ANEXO 1	- 66 -
ANEXO 2	- 72 -
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>- 83 -</b>
<hr/>	
<b>FOTOGRAFÍAS</b>	<b>- 84 -</b>
<hr/>	

## Índice de Tablas

---

Tabla 1. Dimensiones del buque .....	- 7 -
Tabla 2. Alturas libres .....	- 7 -
Tabla 3. Capacidad tanques.....	- 8 -
Tabla 4. Capacidad carga .....	- 9 -
Tabla 5. Peso muerto.....	- 9 -
Tabla 6. Consumo MMPP .....	- 10 -
Tabla 7. Velocidad .....	- 10 -
Tabla 8. Autonomía .....	- 10 -
Tabla 9. Acomodación tripulación.....	- 11 -
Tabla 10. Acomodación conductores.....	- 11 -
Tabla 11. Resto instalaciones .....	- 12 -
Tabla 12. Mecanismo de extinción .....	- 13 -
Tabla 13. Agentes extintores.....	- 21 -
Tabla 14. Características físicas CO2.....	- 26 -
Tabla 15. Efectos fisiológicos .....	- 28 -
Tabla 16. Gas mínimo .....	- 44 -
Tabla 17. Diámetro tuberías.....	- 48 -
Tabla 18. Espesores de tubería .....	- 49 -



## Introducción

---

El fuego es uno de los mayores inconvenientes en el campo de la seguridad marítima. De todos aquellos peligros que pudieran amenazar a un buque, los incendios son uno de los más temidos.

Existen elevadas medidas de prevención de incendios, el seguimiento de las cuales, disminuye considerablemente el riesgo de incendios a bordo. Pero a pesar de todos los avances en seguridad y control, algunas veces los incendios acaban produciéndose y una vez declarada la emergencia, los primeros instantes son claves para la supervivencia y el control de la situación.

Los riesgos a los que se debe enfrentar en un incendio en un buque son enormes y, por ello, el peligro para la vida humana alcanza niveles máximos.

A bordo, será la tripulación la que deba enfrentarse al fuego y luchar contra el incendio. Y a pesar de ello, las demás personas que se encuentren a bordo deberán enfrentarse a la dura prueba de sobrevivir al incendio dentro de un espacio limitado y sin posibilidad de huir, haciendo frente al humo y demás gases tóxicos y teniendo en cuenta que la ayuda exterior puede ser difícil o, incluso, imposible y que, en caso de tener que evacuar el buque, los riesgos para la supervivencia pueden incrementarse todavía más.

Por otra parte, existen enormes riesgos que pueden llegar a desencadenarse a través de un incendio en un buque i/o su hundimiento, junto con toda su carga, pudiendo llegar a tener consecuencias extremadamente graves en el medio ambiente.

## Objetivo del Proyecto

---

El objetivo del presente proyecto titulado “Diseño y cálculo del sistema de extinción de incendios por CO<sub>2</sub> en un buque Ro-Ro de 210 plataformas” es definir los diferentes sistemas de contraincendios que deben de instalarse tanto en habilitación como en la sala de máquinas

Para ello es esencial el conocimiento de la normativa en la cual se basará la Administración para la inspección de la instalación. Se conocerá el fuego y su naturaleza, así como su comportamiento a bordo de un buque.

En nuestro caso nos basaremos en las siguientes normativas adjuntas en los Anexos:

- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), consolidado del año 2004.
- Código de Sistema de Seguridad Contra Incendios (SSCI)
- Reglamento de la Sociedad de Clasificación “Bureau Veritas”





## Capítulo 1. Definición general del buque

### 1. Tipo de Buque

El buque para el cuál vamos a diseñar su sistema de contraincendios por CO<sub>2</sub> es un buque Roll on –Roll Off.

El buque Roll-on / Roll-off es uno de los métodos más eficaces de transporte hoy en día. Su precio, flexibilidad, capacidad de integración con otros sistemas de transporte y su velocidad de operación, lo han hecho extremadamente popular en muchas rutas de navegación.

Los buques Ro-Ro tienen incorporado rampas que permiten que la carga sea rápidamente cargada y descargada del buque al puerto. Las rampas y las puertas pueden ser de sólo popa o proa y popa para la carga rápida

Nuestro buque está diseñado para éste fin, transporte de plataformas (trailers sin cabezas tractoras), contenedores apilados sobre “Mafi” y pasajeros (conductores).

DESCRIPCIÓN RÁPIDA	
Ruta	Cádiz-Santa Cruz de Tenerife (Canarias)
Cubiertas	10 y techo puente
Localización Acomodación	A proa de las cubiertas nº7, 8 y 9
Localización Cámara de máquinas	A popa de la bodega Baja
Doble fondo	
Espacios de Carga	Bodega baja, cubierta principal, cubierta superior (semi-abierta), cubierta intemperie, a proa de la cubierta Nº 4 (Car Deck)
Cubierta de carga y descarga	Cubierta Nº 3 ( principal)
Acceso a muelle	Puerta-rampa de popa

DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR CO2 EN UN BUQUE RO-RO DE 210 PLATAFORMAS

<b>Accesos entre cubiertas</b>	Se realizaran mediante rampas fijas, a excepción de la comunicación entre cubierta principal y cubierta de coches, que se hará con rampa móvil
<b>Tipo de Proa</b>	Proa lanzada con bulbo
<b>Tipo de Popa</b>	popa de estampa
<b>Anti escora de carga y descarga</b>	De accionamiento Automático
<b>Tapa estanca</b>	Sobre la rampa de acceso a la bodega baja
<b>Tanque(estabilizador pasivo)</b>	Tipo Flume (reducción GM en condiciones media carga)
<b>Propulsión</b>	4 motores diesel MAN 9L48/60B semirápidos acoplados a dos hélices de paso controlable mediante reductores
<b>Gobierno del buque</b>	2 timones suspendidos, semicompensados con aleta ,tipo Becker o equivalente
<b>Propulsores de maniobra</b>	2 hélices transversales a proa
<b>Generación de energía</b>	3 grupos electrógenos 2 alternadores de cola 1Generador de puerto en cubierta N°7 1 Generador de Emergencia
<b>Accesos al buque</b>	Puerta/rampa de popa y el acceso a cubiertas de carga mediante rampas fijas, a excepción del acceso a la cubierta de coches que se hará mediante rampa abatible.

Ver: Plano N°1 Disposición general del sistema

## 2. Dimensiones Principales

<b>DIMENSIONES DEL CASCO</b>	
Eslora total	<b>209.43 m.</b>
Eslora entre perpendiculares	<b>190.00 m.</b>
Manga de trazado	<b>26.50 m.</b>
Calado de diseño	<b>7.00 m.</b>
Calado de escantillonado	<b>7.10 m.</b>
Puntal a Cbta. Principal	<b>9.60 m.</b>

Tabla 1. Dimensiones del buque

<b>ALTURAS LIBRES</b>	
Cbta. Superior	<b>4.70 m.</b>
Cbta. Principal, centro/popa	<b>6.85 m.</b>
Cbta. Principal, bajo cta. coches	<b>4.65 m.</b>
Bodega Baja	<b>4.70 m.</b>
Car Deck(Cubierta N°4)	<b>2.00 m.</b>
Acomodación	<b>2.10 m.</b>

Tabla 2. Alturas libres

Ver: Plano N°1 Disposición general del sistema

**3. Capacidades**

<b>TANQUES (100%)</b>	
Combustible pesado (heavy fuel-oil) (incluidos tanques sedimentación y uso diario)	<b>1.075 m<sup>3</sup></b>
Diesel-oil (incluidos tanques de uso diario)	<b>100 m<sup>3</sup></b>
Aceite lubricante	<b>70 m<sup>3</sup></b>
Agua dulce	<b>70 m<sup>3</sup></b>
Agua destilada	<b>30 m<sup>3</sup></b>
Agua de lastre	<b>3.400 m<sup>3</sup></b>
Agua antiescora (total)	<b>800 m<sup>3</sup></b>
Agua tanque estabilizador	<b>135 m<sup>3</sup></b>

Tabla 3.Capacidad tanques

<b>CARGA</b>	
El buque dispondrá de calles de 3,0 m. de anchura.	
Bodega baja	17 plataformas
Cubierta principal (Nº 3)	67 plataformas
Cubierta superior (Nº 5)	66 plataformas
Cubierta intemperie (Nº 7)	60 plataformas
<b>TOTAL</b>	<b>210 plataformas</b>

Tabla 4.Capacidad carga

*Nota:* En las capacidades anteriores no se ha contemplado la estiba sobre rampas aunque se dispondrán fittings de anclaje (excepto la de acceso a la bodega baja

<b>PESO MUERTO</b>	
Combustible pesado	1000 t.m.
Diesel-oil	70 t.m.
Aceite lubricante	50 t.m.
Agua dulce	30 t.m.
Agua destilada	25 t.m.
Agua anti escora	400 t.m.
Agua de lastre	1070 t.m.
Carga	6610 t.m.
Tripulación y pasajeros	5 t.m.
Provisiones	20 t.m.
Varios	45 t.m.
<b>TOTAL</b>	<b>9325 t.m.</b>

Tabla 5.Peso muerto

*Nota:* El peso muerto al calado de diseño será aproximadamente 9.325 t.m., en agua salada de peso específico de 1.025

**4. Consumo, velocidad y autonomía**

CONSUMO MOTORES DIESEL PROPULSORES	
M.C.R.: 4 x 10395 kw (Potencia máxima continua)	<b>41.580 kw</b>

Tabla 6. Consumo MMPP

*Nota:* El consumo de los motores principales será el garantizado por el fabricante (en las condiciones estipuladas por éste)

VELOCIDAD EN CONDICIONES DE SERVICIO	
lo que equivale a una condición de servicio desarrollando el 90% de su MCR considerando un margen de mar del 10% y estando los alternadores de cola sin carga	<b>26 nudos</b>

Tabla 7. Velocidad

AUTONOMÍA	
A la velocidad arriba indicada	<b>3.000 millas náuticas</b>

Tabla 8. Autonomía

**5. Acomodación**

TRIPULACIÓN		
	CAMAROTES	CAMAS
Camarotes individuales Incluyendo un camarote de Armador, dos de alumnos y tres de reserva.	28	28

<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
--------------	-----------	-----------

Tabla 9.Acomodación tripulación

<b>PASAJEROS/CONDUCTORES</b>		
	<b>CAMAROTES</b>	<b>CAMAS</b>
Camarotes dobles con aseo	6	12
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>12</b>

Tabla 10-Acomodación conductores

<b>RESTO DE INSTALACIONES</b>
<b>Puente de Gobierno</b>
<b>Comedor para oficiales</b>
<b>Sala de estar para oficiales</b>
<b>Comedor-sala de estar de tripulación</b>
<b>Comedor-estar de pasajeros</b>
<b>Oficina de Carga (en cubierta principal, popa)</b>
<b>Oficina de cubierta</b>
<b>Oficina de Máquinas</b>
<b>Oficina de cubierta</b>
<b>Oficina del Buque</b>
<b>Biblioteca</b>
<b>Cocina</b>

<b>Oficios para oficiales y tripulación/pasaje</b>
<b>Aseos públicos en cubiertas 7, 9 y Puente de Gobierno</b>
<b>Lavandería de Oficiales</b>
<b>Lavandería de tripulación/buque</b>
<b>Cambio de ropa</b>
<b>Gambuza seca</b>
<b>Gambuza refrigerada (3 cámaras)</b>
<b>Espacios de servicio (Aire acondicionado, equipo eléctrico)</b>
<b>Hospital</b>
<b>Paños</b>

Tabla 11. Resto instalaciones

## Capítulo 2. NORMATIVA

---

Para poder realizar el diseño del equipo de extinción de de CO<sub>2</sub> nos regiremos por las normativas siguientes:

- **SOLAS de 1974 (consolidado en el 2004):**

Dentro del citado convenio el Capítulo II-2 es el que trata “La construcción, prevención y de-  
tección de incendios” dentro de este capítulo prestaremos especial atención a la Regla 10 y a  
los apartados siguientes:

### **Capítulo II-2.- Construcción – Prevención, detección y extinción de incendios**

#### **Regla 10. Lucha contra incendios**

- **Apartado 4:** Sistemas fijos de extinción de incendios
- **Apartado 5:** Medios de extinción de incendios en los espacios de maquinas
- **Apartado 6:** Dispositivos de extinción de incendios en puestos de control, espacios de alo-  
jamiento y espacios de servicio: en especial el sub-apartado 6.3.3

\* Detalle de los Apartados se adjunta en el **ANEXO 1**

- **Código de sistema de Seguridad Contra incendios (SSCI)**

- **Capítulo 5.** Sistemas fijos de Incendios por Gas (CO<sub>2</sub>)
- **Capítulo 8.** Sistemas automáticos de rociadores, de detección de incendios y de alarma  
contra incendios
- **Capítulo 9.** Sistemas fijos de detección de incendios y de alarmas contra incendios.

- [MSC/CIR 1037](#)
- [Normas de la sociedad de Clasificación: Bureau Veritas](#)
- [Normas DIN](#)



## Capítulo 3. TEORÍA DEL FUEGO

---

### 1. Teoría de la generación del fuego

Podemos definir el **fuego** como un fenómeno de reacciones químicas de oxidación-reducción de un elevado potencial exotérmico.

A su vez definimos un **incendio** como el siniestro del que resulta la destrucción total o parcial del buque o la avería de algún elemento por medio del fuego.

En éste apartado intentaremos resumir aquellos conceptos esenciales para poder desarrollar un sistema contraincendios eficiente, para el cuál resaltamos la importancia del conocimiento de los agentes causante de la necesidad de instalar éste tipo de sistemas en el buque.

### 2. La combustión

La combustión es una reacción química de oxidación en la que una sustancia se combina con el oxígeno. Se trata de una reacción exotérmica, es decir, cede calor al entorno.

Para que se produzca una combustión, se necesitan cuatro componentes:

- Comburente
- Combustible
- Fuente de Calor
- Reacción Química en Cadena.

Estos componentes se pueden describir gráficamente como el “Tetraedro del Fuego”.

### 3. El triángulo y el tetraedro del fuego

Analizando los distintos elementos que intervienen en una combustión podemos definir:

- Combustible: cualquier sustancia capaz de generar una combustión al oxidarse y ser activada por una energía.

- Comburente: la sustancia en cuya presencia se produce la combustión, generalmente el oxígeno del aire.

Sin embargo, para que la combustión tenga lugar, es necesario el aporte de una energía de activación que inicie la reacción, una chispa, alta temperatura, una llama, etc.

Los elementos que intervienen en una combustión deben darse al mismo tiempo y en las proporciones adecuadas para que ésta se produzca.

Por ello, se suelen representar formando el triángulo del fuego, dando a los lados del triángulo los nombres de los distintos elementos. Esta representación proporciona una idea de la interconexión que debe existir entre los tres elementos para que la combustión se mantenga.

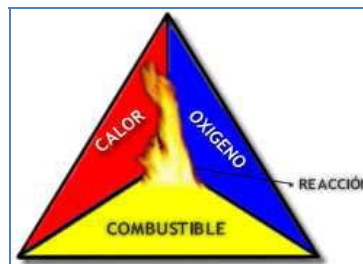


Ilustración 1.-Triángulo del fuego

La continuidad de esta combustión radica en un proceso de activación térmica de las moléculas del entorno. La emisión de radicales libres produce nuevas combinaciones con el oxígeno generando una reacción en cadena.

Para representar este nuevo elemento de la combustión se suele emplear el llamado tetraedro del fuego, representando en sus caras cada uno de los elementos que intervienen en la combustión, combustible, comburente, fuente de ignición y reacción en cadena.

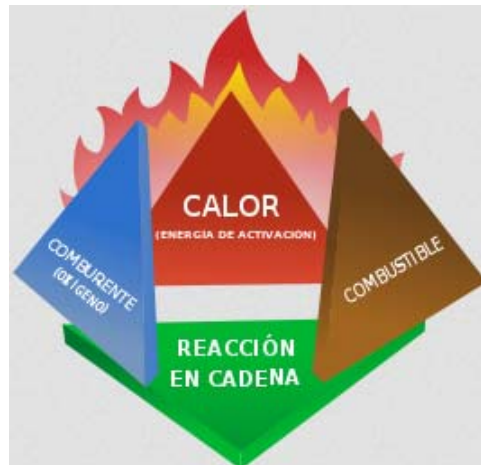


Ilustración 2.-Tetraedro del Fuego

Estos cuatro elementos deben coexistir y darse en las proporciones adecuadas para que el fuego se produzca. El comburente por excelencia es el oxígeno contenido en el aire. Hay otros que arden sin necesidad de oxígeno, pero al ser materiales que no se encuentran a bordo, tomaremos de forma generalizada el oxígeno contenido en el aire como el comburente que usualmente interviene en la totalidad de los fuegos.

A efectos prácticos, para la gran mayoría de los fuegos generados a bordo, el tetraedro del fuego responde de forma muy exacta a los siguientes elementos.

### 3.1 Comburente

Producto o sustancia que proporciona el oxígeno necesario para la combustión. Es el cuerpo en cuya presencia puede arder el combustible. En una combustión es el agente oxidante el que roba electrones al reductor. Los oxidantes no son combustible en sí, pero hacen que se produzca una combustión cuando se combinan con un combustible. Aunque el Oxígeno es el oxidante más habitual, también existen otras sustancias que entran en esta categoría.

Los más habituales son:

Bromatos	Bromina	Cloratos	Clorina
----------	---------	----------	---------

Fluorina	Yodina	Nitratos	Ácido nítrico
Nitritos	Percloratos	Permanganatos	Peróxidos

El Oxígeno en el aire a nuestro alrededor se considera el agente oxidante primario.

### 3.2 Combustible

Cualquier sustancia o materia capaz de arder en contacto con el aire, oxígeno o una mezcla gaseosa que contenga oxígeno, produciendo una cierta cantidad de calor. En una combustión es el agente reductor que cede o traspasa electrones al agente oxidante. Combustible es toda sustancia que no ha alcanzado su grado máximo de oxidación.

El combustible es el material o la sustancia que se oxida o arde en el proceso de combustión. En términos científicos el combustible de una reacción de combustión se conoce como el “Agente Reductor”.

Normalmente las materias combustibles contienen cantidades apreciables de carbono e hidrógeno, que son elementos oxidables. Estos combustibles se pueden subdividir en combustibles derivados de hidrocarburos (como la Gasolina, el fuel-oil y los plásticos) y materiales derivados de la celulosa (como la madera o el papel).

Otros combustibles con una combustión menos compleja tienen una composición química que incluye gas hidrógeno y metales combustibles tales como el Magnesio y el Sodio. En el proceso de combustión intervienen dos factores claves relacionados con el combustible: el estado físico del combustible y su distribución.

*Fuentes combustibles más comunes en os buques:*

- Pérdidas de fuel.
- Gas oil.
- Aceites.
- Gases.

### 3.3 Calor (Energía de activación)

No siempre que hay un combustible en presencia de un comburente se produce la combustión. Para que esto suceda es necesario un tercer factor que provoque esa reacción, este tercer factor es lo que llamamos energía de activación que es aportada por los focos de ignición y puede tener diversos orígenes, que se explicará en el [apartado 4.1.4.](#)

Cuando el calor entra en contacto con un combustible, la energía hace que la reacción de combustión continúe de los siguientes modos:

- Provoca la pirolisis o vaporización de los combustibles sólidos y líquidos; y la producción de vapores o gases capaces de ignición.
- Proporciona la energía necesaria para la ignición.
- Causa la producción e ignición continua de los vapores o gases combustibles, de modo que la reacción de combustión pueda continuar.

*Las fuentes de calor más comunes en los buques son:*

- Debida a zonas de la máquina muy calientes.
- Operaciones de soldadura.
- Chispas producidas por el impacto de herramientas metálicas contra el suelo.
- Electricidad estática.
- Corto circuitos.

### 3.4 Reacción en cadena

En ocasiones, a pesar de tener los tres factores conjugados en tiempo y lugar, y con la intensidad suficiente, la reacción no progresaba. La explicación es sencilla si el ambiente no es apto para disipar todo el calor que se produce, lo que ocurre es que ese calor no disipado que calentando la mezcla combustible-comburente, con lo que se convierte en una nueva energía de activación que provoca el reinicio o ayuda a que la reacción continúe. Es decir, se produce una reacción en cadena.

Por lo tanto una reacción en cadena es una serie de reacciones que ocurren secuencialmente, cuyos resultados individuales se suman a los del resto.

La reacción química en cadena y la propagación relativamente rápida son los factores que distinguen el fuego de las reacciones de oxidación más lentas. Las reacciones de oxidación lentas no producen calor lo suficientemente rápido para llegar a la ignición y nunca generan suficiente calor para ser en cadena.

### 4. Clasificación de las combustiones

Los distintos parámetros que afectan al desarrollo de la combustión actúan de forma decisiva e independiente a los demás. Por ello, podemos clasificar las combustiones según las distintas velocidades en que se desarrollan las reacciones:

- **Combustiones lentas:** Se produce poco calor y no se produce luz, sin llamas.
- **Combustiones rápidas:** Se produce mucho calor y gran cantidad de luz, con llamas.
- **Explosiones:** Se producen altas velocidades de reacción que generan presiones elevadas. Dentro de las explosiones, se pueden encontrar diferentes niveles en función de la velocidad de propagación.
- **Deflagrantes:** Son aquellas con velocidades de reacción de entre 1 m/s y 340 m/s, que es la velocidad del sonido, y la onda de presión generada no supera los 10 Kg/m<sup>2</sup>. Se producen normalmente con vapores líquidos combustibles y en atmósferas de polvos combustibles.
- **Detonantes:** Son aquellos con velocidades de reacción superiores a la velocidad del sonido. Y la onda de alta presión desarrolla la energía suficiente para desencadenar nuevas detonacio-

nes. Se producen normalmente en las conducciones de tuberías de gases combustibles con una sucesión creciente de ondas de presión y sonido. Es característica la rotura en puntos equidistantes en la misma tubería. Es conveniente conocer la velocidad de la combustión para poder conocer el tiempo disponible que se posee para extinguir el incendio, o en caso de ser imposible, realizar el abandono sin demorarse en intentar extinguir un incendio que en muy poco tiempo estará totalmente incontrolado, pudiendo peligrar la vida de las personas a bordo.

### 5. Fuentes de ignición

Teniendo en cuenta que el aire es el comburente por excelencia y que la presencia de elementos combustibles en su entorno es constante, puede considerarse que la energía de activación es el desencadenante de la combustión. Es por tanto necesario conocer y familiarizarse con las distintas formas en las que se manifiesta.

Puede suponerse que las distintas fuentes de ignición que pueden generarse en la práctica son infinitas. Si bien esto es cierto, estadísticamente las podemos resumir en unos pocos focos de ignición que representan casi el 90% de los incendios que se registran. Se clasificarán según su procedencia:

- **Origen eléctrico:** corto circuitos, formación de arco eléctrico, chispas, electricidad estática, rayos, flujo de corriente a través de una resistencia, etc.
- **Origen mecánico:** los choques o roces entre metales generan calor y chispas que pueden aportar la energía necesaria para iniciar un incendio
- **Origen térmico:** llamas abiertas, superficies calientes, soldaduras y oxicorte, materiales recalentados, cigarrillos y cerillas, chispas de combustión.
- **Origen químico:** Ignición espontánea, cualquier reacción exotérmica provoca calor que puede ser el origen de un incendio.

### 6. Evolución de los incendios

Vamos a considerar 4 fases en la cadena lógica del incendio:

### 6.1 Iniciación

El fuego está en estado latente, sin producir ningún tipo de humo visible, llama o calor apreciable. No obstante, se está desarrollando un proceso de combustión, que produce el ascenso vertical de partículas invisibles ionizadas. Esta etapa puede durar muchos minutos e incluso varias horas.

### 6.2 Desarrollo

Se desarrolla una cantidad de partículas de combustión tal que su acumulación produce humo visible, sin llama ni calor apreciable.

El incendio empieza a desarrollarse libremente porque todavía el contenido de oxígeno posibilita la combustión completa de los materiales involucrados.

La temperatura ambiente va subiendo y, por radiación y conducción, se van inflamando otros elementos que no estaban afectados por el fuego.

La temperatura ambiente sube de forma acelerada y en la parte superior de la instancia se pueden superar los 700°. En poco tiempo empieza a disminuir la concentración de oxígeno en el aire. Cada vez se va generando más monóxido de carbono, gas inflamable y asfixiante, así como otros gases inflamables que no combustionan por falta de oxígeno.

Entramos en lo que pudiéramos llamar fase latente del incendio. Esta fase es muy peligrosa ya que se está preparando la Combustión Súbita Generalizada (CSG o Flash Over). La sobrepresión hará que salten cristales u otros elementos, de forma que se facilita la entrada de aire fresco que es lo que necesita el fuego latente para que se produzca dicha Combustión.

La CSG se origina porque se ha aportado oxígeno y ahora todos los materiales pueden volver a arder libremente y a la vez, así como los gases inflamables.

### 6.3 Propagación

Independientemente de la fuente de ignición que origina un fuego, éste siempre se inicia en uno o varios focos. Lo que implica que siempre se inicia en un punto determinado y después se propaga a otros compartimentos. La propagación se puede realizar en cualquier dirección siempre que el fuego encuentre los tres elementos que necesita para su existencia.

- El oxígeno presente en el aire se encuentra en todas las dependencias de un buque, incluso con una presión ligeramente superior a la atmosférica, debido a la circulación forzada de aire.
- Las sustancias combustibles se encuentran en los mismos elementos constructivos del buque, forros de mamparos, plancha del suelo, pinturas, aislantes térmicos y acústicos, líquidos combustibles y especialmente en los buques de madera.
- El calor es el principal elemento desencadenante de los incendios a bordo debido a la facilidad de su propagación una vez iniciado un foco.

La propagación de un fuego por conducción de calor es especialmente peligrosa en los buques de acero, donde un foco generado en un compartimento, transmite el calor a los elementos estructurales contiguos (mamparos, cubiertas y techos). Este calor se transmite por conducción a través de los elementos estructurales a las caras de los compartimentos más próximos donde una vez alcanzada la temperatura de encendido de los materiales combustibles, se propaga el fuego. Éste fenómeno llamado también **Flash Over**, puede generar en poco tiempo una sucesión geométrica del fuego por todo el buque si no se logra parar su propagación.

La propagación del fuego por convección a bordo no suele ser especialmente importante si se encuentra confinado en un compartimento. Cuando el fuego se encuentra con troncos de escaleras, conductos de intercomunicación, de ventilación o largos pasillos, las corrientes creadas por el humo y las altas temperaturas pueden transmitir el fuego a otros compartimentos alejados del foco inicial. Éste fenómeno, denominado efecto chimenea, está directamente relacionado con las características constructivas del buque.

En la propagación de un fuego es importante conocer la curva de desarrollo, que refleja el deterioro del ambiente en función del tiempo. El nivel crítico representa un peligro para la vida, variando en función de los productos emitidos y de las características de las personas expuestas.

El espacio de tiempo entre la detección y este nivel crítico representa el tiempo disponible para llevar a cabo las actuaciones necesarias que son la activación de equipos o evacuación. Si se reduce el tiempo de detección aumentará el tiempo destinado a la intervención y también las posibilidades de éxito.

#### 6.4 Extinción

Para poder extinguir un fuego, es necesario eliminar al menos uno de estos elementos de las proximidades del escenario. Por tanto, existirán cuatro mecanismos de extinción distintos en función del elemento que se elimine.

ELEMENTO	MECANISMO DE EXTINCIÓN
<b>Combustible</b>	Desalimentación
<b>Oxígeno</b>	Sofocación
<b>Calor</b>	Enfriamiento
<b>Reacción en cadena</b>	Rotura reacción en cadena

Tabla 12-Mecanismo de extinción

En la mayoría de los casos, la extinción de un fuego no se debe a la actuación de un solo mecanismo, sino que es el resultado de la suma de varios mecanismos de extinción que actúan conjuntamente, aunque en diferente medida.

Deben tenerse en cuenta los diferentes mecanismos de extinción de cada uno de los agentes extintores cuando se emplean para apagar un fuego, ya que se utilizará una técnica distinta en cada tipo para su extinción.

### 6.4.1 Desalimentación

La desalimentación consiste en retirar el combustible del escenario del fuego. Este método de extinción se podría considerar como mecanismo de extinción, debido a que el combustible ya forma parte del fuego, y no se le está aplicando algún mecanismo externo para apagarlo. A pesar de esto, hay situaciones en que retirar el combustible es un mecanismo muy eficaz.

A bordo de los buques la desalimentación no es un mecanismo que se utilice demasiado en fuegos de interiores, ya que el combustible que alimenta al fuego son camas, armarios, moquetas, fundas... De manera que no se puede cortar la fuente de alimentación de combustible por el difícil acceso y las pocas posibilidades de maniobra en situaciones con fuego creado.

Sin embargo, en fuegos donde intervienen combustibles líquidos o gaseosos puede resultar un mecanismo muy eficaz mediante la interrupción de la fuente de alimentación de combustible, utilizando para ello válvulas de aislamiento. Consiste en cerrar aquella válvula, o aquella parte de tubería que esté alimentando de combustible al fuego y aislarla. Ya sea cerrando o incomunicando ese tramo de tubería con el suministro de combustible, para de esta manera conseguir cortar el suministro de combustible al fuego.

### 6.4.2 Sofocación

Este mecanismo de extinción consiste en aislar los vapores inflamables que desprende el combustible impidiendo que entren en contacto con el oxígeno del aire.

Es un mecanismo muy eficaz por sí mismo o bien actuando conjuntamente. El efecto de sofocación puede obtenerse de forma directa sobre los vapores: cubriendo la superficie del combustible (espuma, manta, arena) o bien mediante la eliminación total del aire: asfixia (incomunicación del local). Ambos sistemas son factibles de ser utilizados a bordo, ya que son muy utilizados los sistemas de espuma, arena, las divisiones estancas, las puertas contra incendios y los mamparos resistentes al fuego.

### 6.4.3 Enfriamiento

Si se elimina el calor, es decir, se enfría el combustible, éste deja de arder y el fuego se apaga. Es un mecanismo muy antiguo pero que sigue siendo muy eficaz. Especialmente a bordo, donde el aporte de agua como refrigerante es fácil de suministrar.

Este mecanismo de extinción suele emplearse como apoyo, asociado con otro, disminuyendo así las posibilidades de re-ignición de las superficies de acero cuando se calientan excesivamente.

### 6.4.4 Rotura de la reacción en cadena

Si se impide la combinación del comburente con los productos de descomposición del combustible, se detiene la reacción en cadena. Este mecanismo de extinción se basa en suministrar al fuego productos químicos que se combinan con los productos de descomposición del combustible más rápidamente que el oxígeno del aire.

De esta forma, la reacción química de oxidación no puede realizarse y el fuego se apaga.

## 7. Tipos de fuego

La clasificación de un incendio es importante a la hora de tratar su extinción. Cada clase de incendio tiene sus propias necesidades de extinción, por lo que en éste apartado entraremos en algunos detalles interesantes sobre la clasificación de los incendios.

### 7.1 Fuegos de Clase A

Son fuegos originados por combustibles sólidos que tienen un alto punto de fusión. Producen brasas y normalmente tienen origen orgánico, entrando en su composición el carbono y el hidrógeno.

En los incendios de clase A intervienen materiales combustibles como la madera, fibras textiles, el papel, la goma y gran número de plásticos.

El agua se utiliza para enfriar o apagar los materiales que arden por debajo de su temperatura de ignición. La adición de espumas de clase A puede aumentar la capacidad del agua para ex-

tinguir los incendios de éste tipo. Esto se debe a que el agente de espuma de la clase A reduce la tensión superficial del agua, permitiendo que penetre más fácilmente en las pilas del material. Los incendios de clase A son difíciles de extinguir mediante los métodos de exclusión de oxígeno como la inundación de CO<sub>2</sub> o capas de espuma, ya que dichos métodos no proporcionan el efecto de enfriamiento necesario para la extinción total.

Los materiales a los que nos referimos son esencialmente los que forman parte de los recubrimientos y decoraciones del buque. Algunos, frecuentemente ocultos, son los plásticos que recubren las conducciones eléctricas, como sucede con la habitabilidad del cableado que va desde las mamparas y los recubrimientos de madera. Las fibras textiles del habitáculo, las vemos en muchos lugares, como por ejemplo en las cortinas de los portillos. Los materiales de clase A son, así mismo, frecuentes y abundantes en los espacios de máquinas como por ejemplo:

- Fibras de forma de estopas para limpieza.
- Plásticos no cableados para limpieza.
- Maderas que se usan para asentar o depositar piezas, cajas con repuestos y herramientas.

Los pañoles son los lugares donde podemos encontrar la más amplia variedad de estos materiales. Además en estos lugares la ventilación suele ser muy escasa, debiéndose, por ello, a dar una adecuada estiba. Así encontraremos maderas de estiba, maderas para hacer ciertas reparaciones, estopas, lonas, encerados,...

### 7.2 Fuegos de clase B

Ocasionados por combustibles líquidos (como la gasolina, el aceite, la pintura, los alcoholes minerales,...), gases inflamables y combustibles sólidos con bajo punto de fusión. Antes tiene que tener lugar la evaporación.

El efecto de sofocación o tapamiento de la exclusión del Oxígeno es el más efectivo para la extinción y también ayuda a reducir la producción de vapores adicionales

En los espacios de máquinas son muy frecuentes puesto que principalmente es el lugar donde se localizan mayormente todo este tipo de materiales. Estos son también muy frecuentes en pañoles donde suele haber pinturas, barnices, petróleo, gasolina, aceites...

### 7.3 Fuegos de clase C

Son los fuegos producidos por sustancias que arden en estado gaseoso y a presión (Metano, Propano, Hidrógeno, Butano...) es decir, combustibles en fase gaseosa, no las combustiones de los gases producidos en la evaporación de los combustibles sólidos o líquidos.

Los gases son los materiales más fácilmente inflamables, pero las cantidades que llevan a bordo para uso cotidiano son escasas. Normalmente van estibados en zonas de cubierta, donde la ventilación es muy buena y llevan medidas de seguridad para evitar sobre presiones, de forma que salgan los gases de manera suave y segura.

Los incendios que implican equipos eléctricos activos constituyen los incendios de clase C.

Estos incendios pueden controlarse a veces mediante un agente extintor no conductor como el Halón, un agente químico seco o el CO<sub>2</sub>.

### 7.4 Fuegos de clase D

Tipo muy especial y de difícil y peligrosa extinción. Son fuegos originados por metales combustibles como el Aluminio, Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio y Potasio. Dan lugar a reacciones químicas complejas y normalmente el fuego de este tipo de metales es capaz de desplazar el Hidrógeno del agua, lo que provoca explosiones por combustión de este gas.

Su extinción necesita Agentes Extintores Específicos ya que el uso del agua está prohibido en casi todos los casos. No existe ningún agente que pueda controlar solo los incendios de todos los metales combustibles de modo eficaz. Están específicamente indicados para el incendio del metal que pueden extinguir. Estos agentes se utilizan para cubrir el material que arde.

La precaución es esencial en los incendios con materiales de clase D. La información referente a un material y sus características debe revisarse antes de intentar extinguir un incendio de ésta clase.

### 7.5 Fuegos de clase E

Los producidos por equipos e instalaciones eléctricas (motores, generadores, transformadores,

etc.) o incendios clase A, B, C y D en presencia de equipos eléctricos con tensión.

## **8. Causas principales de incendios abordo**

En éste apartado nombraremos y detallaremos de forma escueta algunas de las principales causas de los múltiples incendios que se pudieran producir a bordo de un buque.

### **8.1 Aparatos Eléctricos**

El sobrecargar las líneas por aumentar la potencia o el número de consumidores eléctricos puede dar lugar a incendios. Cuando a través de una línea eléctrica pasa una intensidad mayor para las que ha sido proyectada hace que se recalienten los hilos y se cuarteen las fundas protectoras.

No debe permitirse el uso indiscriminado de consumidores eléctricos.

Todos los aparatos eléctricos y de alumbrado deberían ser fijos , no deberá permitirse la utilización de un aparato eléctrico que no esté perfectamente sujeto a una base sólida, esta medida es necesaria tomarla para evitar que con los balances del buque pueda caerse rompiendo el cable eléctrico en su caída o arrancando el enchufe.

No debe permitirse que personas no especializadas intervengan en la instalación o reparación de los equipos y tendidos eléctricos. Una mala conexión eléctrica puede dar lugar a un incendio.

### **8.2 Fugas de Aceites y combustibles en la Sala de Máquinas**

La presencia de residuos y vapores de combustibles de máquinas, pueden causar un incendio en la sala de máquinas.

Debe evitarse el derrame de combustibles en dicho local y tratar de mantener limpia la parte superior del doble fondo y sentinas. Bajo los posibles puntos de goteo deben colocarse bandejas recogedoras para evitar que estos combustibles y aceites puedan derramarse.

### 8.3 Recalentamiento de Cojinetes

La fricción producida en los cojinetes o por piezas móviles en cualquiera de las máquinas que hay montadas a bordo de un buque puede producir zonas de muy altas temperaturas que lleguen a fundir los metales y que de encontrar atmósferas de gases combustibles pueden dar lugar a explosiones o deflagraciones. Las causas de estos recalentamientos son normalmente la falta de lubricación, así como, la rotura o desprendimiento de piezas en su interior.

### 8.4 Trabajos en Caliente

Los trabajos con equipos que originen calor o chispas pueden dar lugar a incendios (Soldaduras, cortes, etc.). Antes de iniciar un trabajo de esta naturaleza, si se trata de un espacio cerrado debe ventilarse el compartimento y comprobarse con un detector de gases inflamables que el nivel de éstos no supera el 1% del límite inferior de inflamabilidad. Mientras se esté desarrollando cualquier trabajo en caliente deberá estar en servicio una guardia de contra incendios equipada con extintores.

### 8.5 Ignición Espontánea

Cuando a los productos líquidos procedentes del petróleo se les calienta lo suficiente, se incendian sin la aplicación de una llama descubierta. Este proceso de auto ignición es común cuando los aceites combustibles o lubricantes se pulverizan sobre una superficie caliente.

También se puede producir la ignición espontánea cuando se derrama aceite sobre revestimientos, que estén calientes, al evaporarse alcanzan adecuada temperatura para estallar en llamas. Las tuberías de combustible requieren una especial atención para evitar que se rocíen de éste por pérdidas.

También deben tomarse precauciones especiales cuando se transporten en las bodegas mercancías que estén impregnadas con aceites, por ejemplo, las virutas metálicas procedentes del mecanizado de piezas metálicas, o bien otro ser de productos que al oxidarse si la travesía dura varios días pueden llegar a alcanzar la temperatura de auto ignición.

### **8.6 Electricidad Estática**

La electricidad estática puede producir chispas de suficiente energía para encender un gas inflamable.

### **8.7 Equipo de Cocina**

A la cocina de los buques debe prestársele una especial atención. La cocina del buque está sometida a los balances del mismo, lo que puede dar lugar a que resbalen los o se derrame el contenido de determinados productos como el aceite.

Cerca de los fogones de la cocina deben instalarse extintores contra incendios que permitan en todo momento su rápida utilización.

No deberá permitirse la acumulación de trapos grasientos o de grasa, incluyendo los troncos de los ventiladores de extracción y sus rejillas.

Deberá comprobarse frecuentemente la regulación de los quemadores. Las campanas de las chimeneas deberán estar siempre limpias.

### **8.8 Cortocircuitos**

Definiremos cortocircuito como el fenómeno eléctrico que se produce accidentalmente por contacto entre los conductores y suele determinar una descarga. Este tipo de circunstancias podrán aparecer cuando el material eléctrico que tenemos en el buque no esté en perfecto estado. En muchas ocasiones se producirán cortocircuitos provocados por la acción de alguna de las circunstancias anteriores.

## Capítulo 4. CLASIFICACIÓN DE LOS AGENTES EXTINTORES

Los productos que se emplean para apagar los fuegos se denominan genéricamente agentes extintores. Éstos pueden clasificarse en función de su estado en sólidos, líquidos y gaseoso sin que esta clasificación tenga ninguna trascendencia importante, desde el punto de vista de la extinción.

Aunque se pueda pensar en una gran cantidad de agentes extintores, en la práctica se encuentran limitados por razones de eficacia y seguridad en su aplicación.

Los agentes extintores más usuales son:

LIQUIDOS	SOLIDOS	GASEOSOS
Agua	Polvo químico	CO <sub>2</sub>
Espuma	Polvo polivalente	Halones

Tabla 13. Agentes extintores

### 1. El agua como agente extintor

El agua es el agente extintor tradicional, se emplea como doble mecanismo de extinción.

- **Enfriamiento:** actúa absorbiendo del fuego el calor necesario para evaporarse y disminuir así la temperatura generada por el fuego.
- **Sofocación:** el cambio de estado del agua cuando absorbe calor supone un aumento en volumen de 1650 veces. Lo que origina un desplazamiento del aire en las proximidades del fuego. Este efecto se ve mitigado por las fuertes corrientes de convección que se originan durante el fuego.

Por otro lado, el agua tiene distintas aplicaciones extintoras en función de cómo sea su aporte. Se pueden distinguir dos aplicaciones extremas entre las que pueden obtenerse una amplia gama de combinaciones.

Agua en chorro: utilizada para enfriamiento. Se utiliza para fuegos de clase A exclusivamente. Su efecto en combustibles líquidos por rebosamiento puede generar una extensión del fuego debido a la menor densidad de éstos. Su utilización a bordo debe ser controlada por las bombas de achique y siempre teniendo en cuenta la cantidad de agua embarcada.

Agua pulverizada: de esta forma se facilita su evaporación. Se utiliza para apagar fuegos de clase A y B. También tienen aplicaciones de protección contra las radiaciones o humos formando cortinas en las líneas de mangueras.

### 2. Las espumas como agentes extintores

Como espuma se pueden encontrar dos tipos distintos. Por un lado la espuma química, que se obtiene por reacción de dos soluciones, una ácida y otra alcalina produciéndose anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) en el interior de las burbujas. Debido a sus contraindicaciones han caído en desuso, siendo su utilización prácticamente inexistente.

Por otro lado, existe la espuma física que se utiliza genéricamente como agente extintor. Es un compuesto de aire, agua y un agente espumógeno. El aire se encuentra en el interior de unas pequeñas burbujas cuya pared está formada principalmente por agua (94-99%) y por agente espumógeno (1-6%), que consiste en una o varias sustancias que mejoran el comportamiento del agua como agente extintor.

Su mecanismo de extinción es, principalmente por sofocación, mediante el aislamiento de los vapores combustibles en el aire. No obstante, el contenido de agua en su composición le confiere un efecto refrigerante. También son adecuadas para la prevención de riesgos, derivados del calor irradiado por un fuego o para detener o reducir la propagación de gases tóxicos o vapores inflamables. Según el tipo de espumógeno y su concentración se utiliza para apagar fuegos de clase A y B.

No son adecuados para fuegos de Clase C ni en fuegos con presencia de electricidad, ya que la presencia del agua le convierte en conductor eléctrico.

La mezcla de agente espumógeno y agua se denomina espumante. La proporción adecuada de ambos elementos se consigue mediante un dispositivo, que regula el porcentaje de espumógeno según el caudal de agua circulante, ya sea agua dulce o salada.

Una vez que tenemos formado el espumante, sólo resta adicionar el aire para formar la espuma. Esta mezcla se realiza mediante el generador de espuma que se coloca en el extremo de la línea para su utilización.

### AGENTE ESPUMÓGENO+AGUA = ESPUMANTE+AIRE = ESPUMA

Las proporciones de agente espumógeno/agua y de espumante/aire para la formación de la espuma física vienen determinadas por el fabricante.

Cabe decir que hay diferentes parámetros a tener en cuenta en cada tipo de espuma. Un parámetro muy importante es el conocido como coeficiente de expansión, e indica la relación entre el volumen de espuma y el volumen de espumante empleado.

Es decir, si con 1 litro de espumante se producen 10 litros de espuma, el coeficiente de expansión de la espuma es 1:10. Según el coeficiente de expansión las espumas se clasifican en:

- **Espuma de baja expansión:** Se utiliza en las líneas de las mangueras, adicionándose el aire al espumante en la lanza de incendios. La burbuja que se obtiene es muy pequeña, por lo que se puede lanzar a gran distancia obteniéndose una masa homogénea en el extremo del chorro. Con este tipo de espuma se cubre la superficie aplicada con muy buen resultado, especialmente en la superficie de líquidos combustibles e inflamables.
- **Espuma de media expansión:** Se utiliza también en las líneas de mangueras, adicionándose el aire al espumante mediante un generador de espuma que posee a su salida una tela metálica de malla fina. Son especialmente eficaces en la extinción de incendios de líquidos combustibles con derrames. La altura que alcanza la espuma es de 50 a 60 cm.
- **Espuma de alta expansión:** Se produce mediante un generador de espuma de alta expansión, que consiste en un ventilador que proporciona el aire necesario. Mediante unas toberas se distribuye el espumante finamente pulverizado contra la tela metálica de la salida, que se expande al contacto con el aire impulsado por el ventilador. La burbuja de aire producida es la de mayor diámetro, es decir, la de mayor coeficiente de expansión. Se utiliza para inundación por grandes cantidades de espuma de espacios cerrados con fuegos de Clase A y B. La altura

que se obtiene con esta espuma de alta expansión no tiene límite, es decir, será la del local que se desee inundar.

### 3. El polvo químico como agente extintor

Los distintos tipos de polvos químicos utilizados como agentes extintores son el polvo convencional, el polvo polivalente y los polvos específicos para metales.

Su mecanismo de actuación principal es por rotura de la reacción en cadena, es decir, impiden mediante una catálisis negativa la oxidación de los productos combustibles que se encuentran en la llama. También actúan en cierta medida, por sofocación y efecto de apantallamiento, especialmente importante cuando se utilizan extintores portátiles ya que permite una buena aproximación al fuego. No debe descartarse, aunque débilmente, su efecto refrigerante sobre el fuego.

### 4. Halones

El halón es un agente extintor muy eficiente que ha sido utilizado durante un tiempo en instalaciones terrestres y en la aviación, pero debido a que son tóxicos, desde hace ya bastantes años, no se ha vuelto a utilizar en el ambiente marino.

En los últimos años e iniciándose durante la 2ª Guerra Mundial, se buscaron alternativamente gases que sustituyeran al CO<sub>2</sub>, mejorando la eficacia de éste, sin complicar con ello los sistemas de aplicación y almacenamiento.

Los más utilizados son:

- CBrF<sub>2</sub>Cl: el Halón 1301, Bromoclorodifluorometano,
- CBrF<sub>3</sub>: el Halón 1211, Bromotrifluorometano

Estos dos Halones eran aceptables para el uso en buques según las sociedades de clasificación. Estos líquidos eliminan el fuego interrumpiendo la composición química normal del combustible y son particularmente eficientes en aquellos fuegos en los que la energía principal de combustión está en las llamas.

Como hemos mencionado con anterioridad el Halón ha sido destituido por ser tóxico y atacar a la capa de ozono.

## 5. El CO<sub>2</sub> como agente extintor

El dióxido de carbono posee varias propiedades que lo convierten en un agente útil para la extinción de incendio. No es combustible y no reacciona con la mayor parte de las sustancias y proporciona su propia presión para descargarlo del extintor o del cilindro donde se almacene.

Como el tema central de éste proyecto es el CO<sub>2</sub>, en éste apartado entraremos en más detalles específicos sobre éste agente extintor.

### **5.1 Propiedades del CO<sub>2</sub>**

A pesar de que el dióxido de carbono existe principalmente en su forma gaseosa, también tiene forma sólida y líquida. Solo puede ser sólido a temperaturas por debajo de los -78°C. El dióxido de carbono líquido existe principalmente cuando el dióxido de carbono se disuelve en agua, en estado licuado a alta presión o en forma criogénica. Solamente es soluble en agua cuando la presión se mantiene. Cuando la presión desciende intentará escapar al aire, dejando una masa de burbujas de aire en el agua.

El CO<sub>2</sub> no es combustible ni aporta a la combustión. Pesa 1,4 veces más que el aire; se evapora a presión atmosférica a -78°C y puede reaccionar en forma violenta con bases fuertes, especialmente a altas temperaturas.

Tiene algunas características peculiares, pues carece de fase líquida a la presión atmosférica normal; el sólido sublima directamente a la fase gaseosa. Para obtener la fase líquida a la temperatura ambiente es necesario aplicar una presión de 6,7 MPa (67 veces la presión atmosférica normal).

En ambientes interiores no industriales sus principales focos son la respiración humana y el fumar; aunque los niveles de dióxido de carbono también pueden incrementarse por la existencia de otras combustiones (cocinas y calefacción) o por la proximidad de vías de tráfico, garajes o determinadas industrias.

El CO<sub>2</sub> forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm. Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

Cuando se congela, el dióxido de carbono se convierte en “hielo seco.” Su temperatura de congelamiento de -78°C es mucho menor que la del agua de 0°C.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
<b>Peso molecular</b>	44.01
<b>Punto de fusión</b>	Se licúa bajo grandes presiones a -57 °C
<b>Punto de ebullición</b>	sublima a -78 °C
<b>Punto crítico</b>	31 °C y 72 atm
<b>Densidad</b>	1,6 ×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> (sólido) 1,98 kg/m <sup>3</sup> (gas a 298 K)
<b>Solubilidad</b>	0,145 gr en 100 gr de agua

Tabla 14-características físicas CO<sub>2</sub>

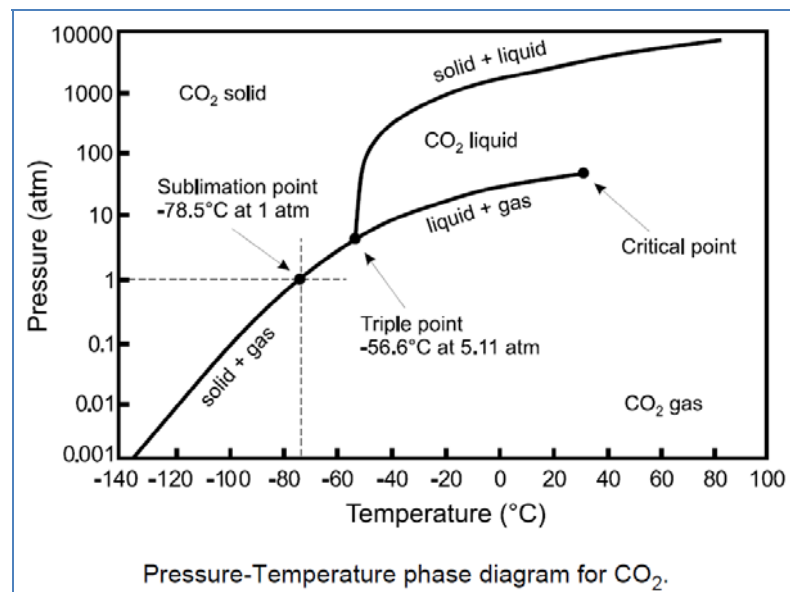


Ilustración 3.Fases del CO<sub>2</sub>

### 5.1.1 Electricidad Estática

Las partículas de hielo seco que se producen durante la descarga de CO<sub>2</sub> pueden estar cargadas de electricidad estática. Estas cargas se pueden crear también en las lanzas de descargas que no estén puestas a tierra.

### 5.1.2 Densidad del Vapor

El CO<sub>2</sub> tiene una densidad una vez y media (1½) superior al aire a la misma temperatura. La descarga fría tiene una densidad mucho mayor, lo cual explica su capacidad para reemplazar al aire por encima de las superficies en ignición y mantener una atmósfera sofocante. Si se usa el CO<sub>2</sub> para inundación total, su mezcla con el aire resultará más densa que el aire atmosférico.

## 5.2 Efectos fisiológicos

El CO<sub>2</sub> está normalmente en la atmósfera a una concentración aproximada de 0,03%. En el cuerpo humano, el CO<sub>2</sub> actúa como regulador de la respiración, asegurando una cantidad de oxígeno adecuado al sistema. Hasta cierto punto, un aumento de CO<sub>2</sub> en la sangre aumenta la velocidad de la respiración, aumento que llega al máximo a una concentración del 6 al 7% de CO<sub>2</sub> en el aire. A mayores concentraciones, el ritmo de respiración disminuye, hasta llegar al 25-30% de CO<sub>2</sub> en el aire, que tiene un efecto narcótico que hace que la respiración cese inmediatamente, incluso aunque haya oxígeno suficiente. Una menor cantidad de oxígeno hace que esa concentración narcótica sea mucho mayor y pueda llegar a causar la muerte por asfixia.

Se considera que el umbral de CO<sub>2</sub> en el aire cuyos efectos dañinos resultan evidentes, es del 6-7%. Por encima del 9%, la mayoría de las personas quedan inconscientes en poco tiempo.

Como la concentración mínima del CO<sub>2</sub> en el aire para extinguir el fuego es muy superior al 9%, hay que proveer las adecuadas medidas de seguridad con todos los sistemas de extinción de CO<sub>2</sub>.

El hielo seco que se produce durante la descarga del CO<sub>2</sub> puede producir quemaduras dada su baja temperatura. Hay que avisar al personal de que no debe tocar en ningún caso el hielo seco, residual después de una descarga.

Concentración	Síntomas de Exposición
1%	Aumenta ligeramente la respiración.
2%	El ritmo respiratorio aumenta el 50%. Exposición por largo tiempo puede causar dolor de cabeza, cansancio
3%	La respiración se aumenta dos veces más del ritmo normal y se vuelve trabajosa. Leves efectos narcóticos. Deteriora el oído, dolor de cabeza, aumenta la presión sanguínea y el ritmo del pulso
4-5%	La respiración se aumenta cuatro veces más del ritmo normal, se presentan evidentes síntomas de intoxicación y se puede sentir una ligera sensación de ahogo
5-10%	Notable y fuerte olor característico, respiración muy trabajosa, dolor de cabeza, disturbio visual y zumbido en los oídos. Afecta el sentido común, seguido en pocos minutos con la pérdida del conocimiento
50-10%	Arriba del nivel de 10%, pérdida del conocimiento ocurre rápidamente. Exposición a altas concentraciones por largo tiempo, resultará en muerte

Tabla 15-Efectos fisiológicos

### 5.3 Capacidad de extinción del CO<sub>2</sub>

El anhídrido carbónico es un eficaz agente extintor, principalmente porque reduce el contenido en oxígeno de la atmósfera, mediante dilución, hasta un punto en que no puede continuar la combustión.

El CO<sub>2</sub> capaz de extinguir los fuegos de los siguientes tipos:

- **Fuegos de Clase A, combustibles sólidos:** Por su efecto de enfriamiento es capaz de extinguir fuegos de ésta clase, siempre que sean poco profundos, ya que su calor específico es bajo y no produce empapamiento. En los usos de aplicación local, la efectividad del agente dependerá de la detección temprana del fuego, para evitar formación de brasas muy profundas. En los usos de aplicación local, además de la detección temprana, se deberá tener en cuenta la disposición del combustible, ya que un apantallamiento de la descarga impedirá la extinción de las zonas no accesibles directamente.
- **Fuegos de Clase B y C, líquidos inflamables y gases combustibles:** En recintos cerrados. Extingue por desplazamiento del oxígeno, si se alcanzan las concentraciones necesarias. Es el uso

de inundación total. En recintos abiertos, o mediante aplicación local, este agente posee una menor efectividad.

- **Fuegos de Clase E, fuegos con presencia eléctrica:** Debido a que no es conductor de la electricidad, este agente es idóneo para la extinción de esta clase de fuegos.

El CO<sub>2</sub> no es capaz de extinguir fuegos de los siguientes tipos:

- **Fuegos de productos que no precisen el oxígeno del aire para su combustión.** Dichas sustancias suelen descomponerse y liberar oxígeno que forma parte de sus moléculas, con el que la combustión puede continuar de forma anaerobia.

## Capítulo 5. SISTEMA FIJO DE CONTRAINCENDIOS POR CO<sub>2</sub>

En función del tipo de fuego que se podría originar en cada espacio a proteger, se diseñan e instalan los diferentes tipos de sistemas contra incendios del buque.

Como en el capítulo anterior, procederemos a nombrar de forma rápida los diferentes tipos que se instalan en la red de sistemas contraincendios de los buques, para poder así adentrarnos en profundidad en el sistema que nos interesa “el sistema fijo de contraincendios por CO<sub>2</sub>”.

Los sistemas de contraincendios a bordo, los podemos dividir en tres grandes grupos:

SISTEMAS FIJOS	EQUIPOS SEMI-PORTÁTILES	EQUIPOS PORTÁTILES
Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)	Manqueras y boquillas	Extintor portátil de CO <sub>2</sub>
Sistema de Agua Nebulizada	Cañones	Extintor portátil de H <sub>2</sub> O
Sistema de Dióxido de Carbono	Lanzaespumas	Extintor portátil de polvo seco
Sistema de Halón	Lanzas	
Sistema de espuma		

## 1.- TIPOS DE INSTALACIONES FIJAS DE GAS(CO<sub>2</sub>)

Las instalaciones fijas de dióxido de carbono se pueden clasificar de la siguiente manera:

### **1.2 Sistemas de Alta Presión**

- Sistemas de Inundación Total
- Sistemas de Aplicación Local

### **1.1 Sistemas de Baja Presión**

- Sistemas de Inundación Total
- Sistemas de Aplicación Local

#### **1.1 SISTEMA FIJO DE BAJA PRESIÓN**

En éste tipo de instalaciones, el CO<sub>2</sub> se almacena en estado líquido a baja presión mediante una refrigeración continua: al disminuir la temperatura de condensación, también disminuye la presión de condensación.

El recipiente empleado para su almacenamiento es un depósito con aislamiento térmico. El CO<sub>2</sub> se refrigera mediante la circulación de un líquido criogénico a -18°C.

De ésta forma se condensa, correspondiéndole una presión de 21 kg/cm<sup>2</sup>. Este sistema solo se emplea cuando se necesita almacenar grandes cantidades de dióxido de carbono que justifiquen el alto coste del sistema.

#### **1.2- SISTEMA FIJO DE ALTA PRESIÓN**

En las instalaciones que se emplea este sistema, el dióxido de carbono se mantiene a temperatura ambiente y, por lo tanto, a presión elevada. Los recipientes empleados son botellas de acero estirado sin soldaduras, conectadas entre sí formando baterías de accionamiento conjunto.

Dentro de las botellas, cuando el CO<sub>2</sub> se encuentra a una temperatura ambiente de 21°C, le corresponde una presión aproximada de 60 kg/cm<sup>2</sup>. Si la temperatura ambiente aumenta, también aumentará la presión en el interior de las botellas. Por ello, en la ubicación de las bate-

rías de botellas se tendrá en cuenta que la temperatura máxima del local no aumente peligrosamente (a 50°C le corresponde una presión de 160 kg/cm<sup>2</sup>).



Ilustración 4. Sis fijo de alta Presión

### 1.3.- SISTEMAS DE INUNDACIÓN TOTAL

Los sistemas de inundación total se utilizan para la extinción de fuegos en recintos cerrados, o con pequeñas superficies abiertas respecto a la superficie total que lo delimita.

Fundamentalmente se usan para la extinción de incendios en equipos eléctricos, ya sea en pequeños recintos, o dentro de cubiertas o carcasas.

Éste tipo de sistema está compuesto por:

- Batería de botellas de CO<sub>2</sub> (o depósito de baja presión);
- Batería de repuesto;
- Colector;
- Boquilla de aplicación
- Sistema de mando y control.

En éstos sistemas el CO<sub>2</sub> se aplica mediante toberas, diseñadas y emplazadas de forma tal, que generan una concentración uniforme de CO<sub>2</sub> en todos los puntos del recinto. La cantidad de CO<sub>2</sub> requerida para conseguir una atmósfera extintora se calcula basándose en el volumen del local que protegerá y en base a la concentración requerida de CO<sub>2</sub> para el material combustible que se halla en dicho recinto.

La integridad del propio local constituye una parte importante éste sistema. Si el recinto es muy hermético la atmósfera puede mantenerse durante largo tiempo, a fin de asegurar el control total del fuego. Si hay aberturas en los costados y fondo, la mezcla más pesada de CO<sub>2</sub> y aire puede escapar rápidamente y ser reemplazada con aire que penetre por las aberturas más elevadas. Si la atmósfera de extinción se pierde rápidamente, pueden permanecer brasas incandescentes que provoquen la re ignición cuando el aire alcance la zona de incendio.

### 1.4.- SISTEMAS DE APLICACIÓN LOCAL

La aplicación de estos sistemas es la extinción de incendios en espacios no confinados, mediante una descarga que cubra todas las superficies de los riesgos y las zonas adyacentes que puedan verse involucradas con la suficiente densidad de aplicación de agente extintor, durante el tiempo necesario para conseguir la extinción total del incendio.

En estos sistemas, el CO<sub>2</sub> se aplica directamente a las superficies en combustión mediante toberas especialmente diseñadas a dicho efecto. El objeto es cubrir todas las superficies combustibles mediante toberas emplazadas estratégicamente, a fin de extinguir todas las llamas lo más rápidamente posible. Cualquier zona adyacente a la que el combustible pueda propagarse debe ser también cubierta, porque cualquier fuego residual podrá provocar la re ignición, una vez la descarga de CO<sub>2</sub> ha finalizado. La descarga debe durar alrededor de 30 segundos, o más tiempo si se requiere enfriar una fuente potencial de re-ignición.

Las boquillas de descarga, al contrario que en la mayoría de los sistemas de inundación total, deben ser de baja velocidad, tipo difusor.

También nos permite disponer de cantidades variables de agente extintor según sean las necesidades de los riesgos a cubrir por la instalación, mediante el agrupamiento de botellas.

### 1.5 SISTEMA A INSTALAR EN NUESTRO BUQUE

Teniendo en cuenta las características del buque, así como los espacios a proteger, se ha optado por instalar un Sistema de Alta Presión y de Inundación Total. Es un sistema más económico y requiere menos mantenimiento que los sistemas de baja presión.

### 1.5.1. ESPACIOS A PROTEGER

Los espacios que pueden ser protegidos están definidos por SOLAS:

- Espacios de máquinas que contenga calderas de combustión y unidades de combustible.
- Espacios de máquinas que contienen maquinaria de combustión interna
- Espacios de máquinas con turbinas o motores de vapor ( $\geq 375$  Kw).
- Espacios de almacenaje de pinturas.
- Bodegas de carga Ro-Ro cerradas.
- Local principal de cuadros eléctricos.
- Cocina (este sistema es independiente).
- Cámara de control de máquinas.
- Cámaras de bombas de carga de petroleros.
- Espacios de carga de buques de pasaje  $> 1000$  ton.
- Espacios de carga en buques de carga  $> 2000$  ton.
- Espacios de carga de mercancías peligrosas.

Como consideración previa a la realización del sistema de CO<sub>2</sub> hay que comentar que normalmente la ingeniería asociada a él se incluye como parte del suministro y/o montaje e la instalación ya que el diseño de colectores, parrillas de rociado y control del sistema es especializado y complejo. En condiciones normales, el diseñador del astillero o ingeniería responsable se limita a comprobar que el sistema está dentro de lo requerido por SOLAS, Sociedad de Clasificación y especificación de contrato.

## 2.- COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FIJA DE ALTA PRESIÓN

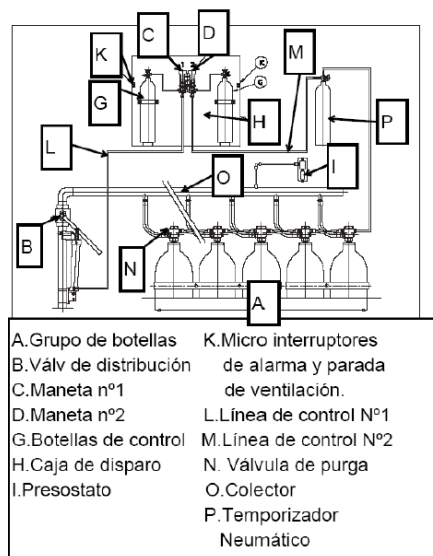


Ilustración 5. Componentes de Sis Fijo Alta Pres

### 2.1.- ESPACIO DE ALMACENAMIENTO DEL AGENTE EXTINTOR

El local de almacenamiento del CO2 debe cumplir los requisitos expuestos en la normativa SOLAS, Capítulo II-2, Regla 10, punto 4.3.

- Cuando el agente extintor esté almacenado fuera de un espacio protegido, se hallará en un espacio situado a pop del mamparo de colisión y que no se emplee para otro propósito.
- La entrada a tal espacio de almacenamiento se efectuará preferiblemente desde una cubierta expuesta, y dicha entrada será independiente del espacio protegido.
- Si el espacio de almacenamiento se encuentra bajo cubierta, no se encontrará más debajo de una cubierta por debajo de la cubierta expuesta, y será posible acceder a él por una escalera o escala desde la cubierta expuesta.
- Los espacios que se encuentren bajo cubierta o los espacios a los que no se puede acceder desde la cubierta expuesta, dispondrán de un sistema de ventilación mecánico previsto para aspirar el aire de la parte inferior del espacio y que tenga las dimensiones necesarias para permitir 6 renovaciones de aire por hora.

- Las partes de acceso se abrirán hacia afuera, y los mamparos y las cubiertas que constituyan los límites entre dichos compartimentos y los espacios cerrados contiguos, incluidas las puertas y otros medios de cierre de toda abertura de los mismos, serán herméticos.

Las instrucciones de operación están fijadas dentro de la sala de almacenamiento de forma permanente y fácilmente visible. También debe disponerse de la información del fabricante y/o compañía de mantenimiento de la instalación, las instrucciones de mantenimiento y de cualquier dato importante de la instalación. Las instrucciones deben de ir en el idioma de trabajo en los buques, Inglés.

## 2.2.- BOTELLAS DE CO<sub>2</sub>

Los recipientes para almacenar el dióxido de carbono a alta presión son botellas de acero sin soldadura que están calculados para almacenar el producto en forma líquida a temperatura ambiente, de forma que resulten equipos seguros en su manipulación y sean fiables en su manejo. Debido a que la máxima presión del gas depende de la temperatura ambiente, es importante que esté calculado para resistir las máximas presiones previsibles.

Como podemos observar en los detalles de las botellas en el plano N° 4 se ve que en el interior las botellas tienen un tubo buzo o sifón, de forma que al ser accionadas las válvulas de cilindro, la fase de CO<sub>2</sub> líquido sea la que salga por efecto de la presión interior, aprovechando así el efecto de enfriamiento de la nieve carbónica. Cuando el líquido ha salido en su totalidad, lo hace la fase gas ya con mucha menor presión y eficacia.



Ilustración 6-Botellas de CO<sub>2</sub>

### 2.2.1.- Método de comprobación del grado de llenado de las botellas.

El procedimiento más habitual se realiza en puerto y por las empresas instaladoras, a base de retirar las botellas del sistema y efectuar su pesada en tierra, donde se recargan en caso de falta de peso. Esta operación deja al buque sin la adecuada protección durante esos lapsos de tiempo.

Esta misma operación, menos costosa, más rápida y segura al evitar cargas y descargas de las botellas a tierra, es efectuar la pesada en el local donde se encuentran mediante una báscula que se puede instalar definitiva o provisionalmente para este fin.

Así, el sistema sigue siendo operativo aun faltando una a una las botellas, gracias a las válvulas de retención en cada una de las conexiones al colector. Caso de necesitar recarga, sólo debería mandarse a tierra la defectuosa.

Otro método desarrollado en los últimos tiempos es mediante el uso de un detector por isótopo radioactivo que puede identificar por diferencia de radiación transmitida, el nivel del CO<sub>2</sub> líquido en el interior de la botella en relación con la cámara de gas en la parte superior. Este método sólo se puede efectuar con temperatura del CO<sub>2</sub> inferior al punto crítico (31°C).

#### Descripción de funcionamiento.

Para realizar esta operación primero se deben aflojar completamente las mordazas del bastidor, que sujetan el grupo de cilindros que se deseen pesar, luego se cuelga la palanca de la balanza del gancho de la misma en el riel superior del bastidor, y se engancha el extremo rasurado en la parte superior de la válvula del cilindro que se desea pesar ; con la balanza colocada en el otro extremo se tira hacia abajo del punto de tiraje hasta que la palanca se encuentre en forma paralela al piso y el cilindro se eleve del mismo algunos centímetros.

Si es necesario ajustar el tiro de la balanza, por ejemplo por que el cilindro no se eleva, girar el gancho de colgar en sentido horario para obtener más tiro y en sentido anti horario para obtener menos tiro.

Mientras se mantiene elevado el cilindro se puede leer en el dial de la balanza el pesaje del mismo.

Una vez terminado de pesar el grupo de cilindros y antes de comenzar con el próximo se deben ajustar las mordazas del bastidor.

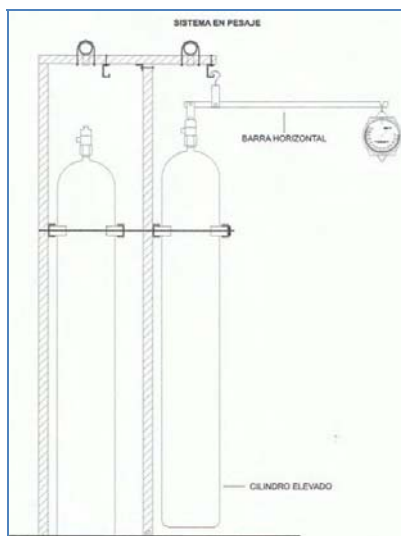


Ilustración 7. Pesaje de botellas de CO<sub>2</sub>

### 2.3.- ANCLAJE DE BOTELLAS

Las botellas se disponen verticalmente en baterías de un máximo de 50 botellas, se instala una estructura metálica sobre el piso de la sala de almacenamiento, y en el interior de ella se sitúan las botellas en fila de dos. Esta estructura, se modifica en su longitud según la cantidad de botellas que deba contener. Se diseña en módulos de 5 botellas y para que las botellas no permanezcan en contacto con el suelo se dispone de un piso de madera sobre las botellas.

Para sujetarlas en el interior de esa estructura metálica, se utilizan una serie de guías y abrazaderas.

Detalle en el plano N°6.

### 2.4.- VÁLVULA DEL CILINDRO

Ésta válvula va situada en la parte superior de la botella, y está diseñada exclusivamente para la industria contra incendios. Es servo asistida, y mediante una ligera carga de apertura se procede a la apertura de la válvula.

La válvula puede ser operada manualmente, eléctricamente o mediante presión:

- La forma manual se efectúa mediante palanca.
- Eléctricamente se produce mediante una electro válvula.

- Por presión se realiza la apertura a través de un sistema de pilotaje.

### 2.5.- ACTUADORES

Los actuadores son sistemas que tienen la misión de accionar la válvula del cilindro. Existen varias formas o métodos de realizarlo:

- Actuador manual: la apertura manual de la botella se realiza sobre una palanca, hay que quitar el pasador de seguridad y proceder a bajar la palanca hasta situarla horizontalmente. El extremo inferior se encarga de presionar un sistema que a su vez presionará el pistón de la válvula del cilindro. Al accionar la palanca se produce el movimiento descendente del pistón del actuador y se procederá a la apertura de la válvula del cilindro.

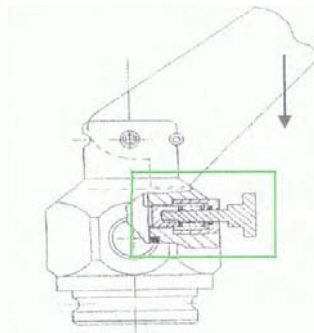


Ilustración 8. Actuador Manual

- Actuador neumático: el funcionamiento de éste actuador se produce mediante la presión del propio gas de trabajo, que circula por una línea de pilotaje diseñada para abrir todas las botellas esclavas del sistema. Estos dos actuadores, van situados en la parte superior de la válvula del cilindro. La dirección tomada por el gas hace que el pistón del actuador se desplace hacia abajo. El gas procede de la línea de pilotaje y al salir del actuador pasa de nuevo a esa línea para pasar a otro actuador.
- Actuador eléctrico: el actuador eléctrico se sitúa en las válvulas de las botellas piloto de cada batería, igualmente que los actuadores manuales. Está permanentemente conectado sobre la válvula de la botella, posee una electroválvula que al ser puesta en tensión permite que el gas pase al actuador neumático de esa botella, para que realice la apertura de la válvula de la botella y pueda así descargar el gas hacia la línea de pilotaje. El gas

pasa a través de la electroválvula al ser accionada y se dirige hasta el actuador neumático que abre la válvula de la botella.

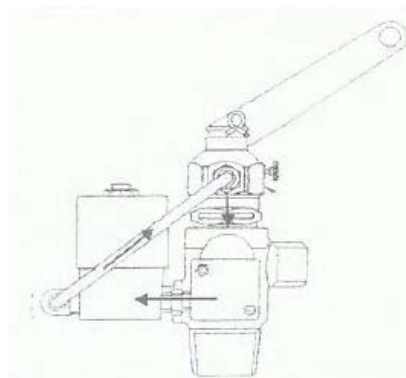


Ilustración 9. Actuados eléctrico

### 2.6.- VÁLVULA DE VENTEO

Ésta válvula tiene como misión prevenir una accidental iniciación del sistema, en el caso de una lenta elevación de presión en el sistema de pilotaje, debido a alguna fuga.

La válvula permanece en posición abierta permitiendo que el gas de pilotaje que proceda de alguna posible fuga pase a la atmósfera, de este modo impide el accionamiento accidental de algún actuador neumático. Pero cuando el sistema está operativo ésta válvula se cierra automáticamente mediante la presión de trabajo del gas y permite que el CO2 fluya por el sistema.

### 2.7.- VALVULA DE RETENCIÓN

Ésta válvula se sitúa entre la tubería de descarga de la botella y el colector, para evitar que el dióxido de carbono pueda regresar de nuevo a la botella, debido a que en el colector exista una presión mayor que en las botellas. La misión fundamental es de evitar pérdidas del gas que pasa por el colector producida por una rotura de alguna válvula de botella o tubería de descarga.

### 2.8.- VÁLVULA DE RETENCION CON SALIDA A PILOTAJE

Ésta válvula se sitúa como la anterior entre la tubería de descarga y el colector, cumple también con la misión de la válvula anti retorno. Tiene la particularidad de que posee una salida hacia la línea de pilotaje para mantener la presión en dicha línea. Éste tipo de válvula se intercala aproximadamente entre 8 botellas de una misma batería.

## 2.9.- VÁLVULA DIRECCIONAL

La descarga de CO<sub>2</sub> a cada uno de los riesgos, se efectúa mediante una válvula direccional. El tamaño de éstas depende de los caudales que deben pasar por su interior. Están situadas a continuación del colector.

Ésta válvula se abre después de haberse producido la apertura de las válvulas de las botellas y ese gas entre en la línea de pilotaje de la válvula direccional y mediante una electroválvula pasa al interior de la válvula para proceder a su apertura. También tiene la posibilidad, de que en caso de fallo del sistema eléctrico, se pueda abrir mediante un mecanismo manual.

Cuando la presión es aplicada en el actuador neumático el pistón se desplaza hacia arriba, se produce la apertura de la válvula y se activa el interruptor indicando que la válvula está abierta. También se puede realizar la apertura manualmente girando el volante en un sentido anti-horario, accionando igualmente el interruptor.

## 2.10.- TUBERÍAS

La distribución del dióxido de carbono se realiza mediante los siguientes sistemas de tuberías:

- Tubería de pilotaje: son las tuberías encargadas de dirigir el gas para realizar la apertura de todas las botellas esclavas mediante sus actuadores. Su punto de salida son las botellas piloto de cada riesgo.
- Tubería de descarga: tiene como misión dirigir el gas desde la válvula de la botella hasta el colector determinado. Esta tubería tiene la particularidad de que está formada en su interior por un compuesto de goma, flexible y resistente, y está cubierto por una tela metálica, proporcionando así una flexibilidad que permite un montaje y desmontaje con más facilidad.
- Las tuberías deben de cumplir con los siguientes requisitos:
- Las tuberías deben estar fabricadas en materiales que se puedan soldar.
- Deben estar protegidas exteriormente e interiormente contra la corrosión, exteriormente mediante el pintado adecuado e interiormente mediante galvanizado.
- Siempre que sea posible se utilizarán conexiones soldadas. Sin embargo, en las conexiones desmontables que no puedan evitarse, así como las correspondientes a las válvulas y accesorios similares pueden utilizarse conexiones embridadas.

### 2.11.-BOQUILLAS DE DESCARGA

- Existen muchos puntos de salida del gas, situados convenientemente repartidos por el espacio protegido, los aplicadores de CO<sub>2</sub> son boquillas especiales con salidas difusoras.
- Las boquillas, se deben localizar de tal manera, que la descarga no salpique los líquidos inflamables, o generen nubes de polvo, que pudieran extender el fuego creando una explosión o afectar los contenidos del cuarto.
- La orientación de cada uno de estos elementos debe hacerse según el elemento a proteger, en los supuestos de equipos aislados se buscará el encerramiento pro el sistema, o bien en nuestro caso de inundación buscando la orientación hacia abajo lo que además imposibilita la obturación de las salidas difusoras por suciedad o depósito y se dispondrá de forma que se distribuya el dióxido de carbono uniformemente por todo el local a proteger.



Ilustración 10.Boquillas

### 2.12.- SISTEMAS DE ALARMAS.

- La Cámara de Máquina deberá de llevar un sistema de alarma que cumpla con los siguientes requisitos:
- La alarma será acústica y visual.
- La alarma acústica debe ser audible desde todos los puntos del espacio protegido y también cuando las máquinas estén en funcionamiento.
- La señal audible deberá poder ser claramente distinguida de las restantes señales acústicas, ajustando la presión del sonido o el “patrón” del mismo.
- La alarma debe anunciar, con anterioridad a la actuación de la descarga de CO<sub>2</sub>, que se va a producir la descarga inminente del mismo.
- Entre el instante en que se active la alarma y el instante en el que se produzca el disparo de las botellas debe transcurrir un tiempo que permita la evacuación de todas las personas existentes en el espacio protegido, el tiempo antes citado no debe ser inferior a 20 segundos.

- El sistema de alarma debe ser diseñado de forma que no resulte posible que se produzca la inundación del espacio protegido antes de que transcurra el tiempo antes citado.
- El sistema de alarma debe activarse al producirse la apertura de la puerta del armario de disparo, y se dispondrá los medios necesarios para impedir el inicio de la descarga de las botellas antes de que transcurra el tiempo preestablecido anteriormente.
- Las alarmas acústicas y visuales deben continuar activadas mientras permanezcan abiertas las válvulas de inundación.
- La alimentación de energía eléctrica al sistema de alarma debe ser garantizado en caso de fallo del sistema eléctrico principal del buque.
- En el supuesto de que el método de accionamiento del sistema de alarma sea neumático, se debe asegurar que dicho sistema disponga de un suministro permanente de aire comprimido.

### 3.- INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FIJO POR CO<sub>2</sub>

El sistema requiere unas atenciones mínimas que aseguren su operatividad en todo momento.

Semanalmente, se efectuará una revisión ocular de la instalación, prestando una especial atención al estado de los precintos, sujeción de las botellas, estado de orden y limpieza en la zona que pudieran impedir el acceso o el accionamiento.

Mensualmente, comprobar el estado de las boquillas u orificios de salida que se encuentren libres de obstrucciones por pinturas, aceite o depósitos, sobre todo en aquellos espacios que existan un alto grado de concentraciones pulverulentas en suspensión.

Anualmente, la instalación se probará con aire comprimido o CO<sub>2</sub> para comprobar que esté libre de obstrucciones.

Se comprobará el llenado de las botellas por los distintos métodos usuales. Botellas con carga inferior al 90% del nominal deberán ser recargadas, estas pesadas se anotaran en hojas de registro dispuestas para éste fin.

Se comprobará el accionamiento de la alarma antes del disparo de CO<sub>2</sub>.

Cada cinco años, pasarán las pruebas hidráulicas que el reglamento de aparatos a presión determina, así como cualquier otra prueba que el estado de las botellas requiera.

## Capítulo 6. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

### 1. Nº de Botellas

Una vez conocido el espacio con mayor volumen bruto se calcula el volumen de gas mínimo para la extinción que puede ser:

Espacio de carga	30% volumen bruto	Todos los buques
Espacio de máquina sin guardacalor el área de este es ≤40% del espacio	40% volumen bruto	35% en buques <2000 ton si dos espacios de máquinas adyacentes se consideren uno solo.
Espacio de máquina incluyendo guardacalor	35% volumen bruto Adicionalmente BV requiere que se incluya el volumen neto de la chimenea hasta una altura igual al guardacalor si la chimenea está abierta al espacio de máquinas sin dispositivo de cierre	30% en buques <2000 ton si dos espacios de máquinas adyacentes se consideren uno solo.
Espacios para vehículos y Ro-Ro que no son de categoría especial	45% volumen bruto del mayor espacio protegido que pueda ser sellado. 2/3 del gas total debe ser distribuido en 10 minutos.	Ro-Ro y Ro-Pax

Tabla 16. Gas mínimo

- El volumen de CO<sub>2</sub> libre se calcula a razón de 0.56 m<sup>3</sup>/kg.
- El caudal de descarga debe lograr que el 85% del CO<sub>2</sub> inunde el local en 2 min.

Procederemos a detallar el cálculo realizado por Áreas:

#### \*Cálculo de la cantidad de CO<sub>2</sub>\*

Zona :	CAMARA DE CONTROL
--------	-------------------

Volumen bruto de la cámara	143,20	(m <sup>3</sup> )
Volumen de aire en recipientes a presión	0,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen del guardacalor	0,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen total con guardacalor	143,20	(m <sup>3</sup> )
Volumen total sin guardacalor		
Factor de aplicación sin guardacalor	0,40	
Factor de aplicación con guardacalor	35,00	
Tiempo de descarga (85%)	2	(min)

Cantidad de CO <sub>2</sub> a descargar en 2 min	(143,20x0,4)/0,56x0,85	Q=	87	(Kg)
Cantidad total requerida de CO <sub>2</sub>		Qv=	102	(Kg)
Cantidad de suministro elegido		Qg=	135	(Kg)
Cantidad de CO <sub>2</sub> por botella		Fg=	67	(l)(45Kg)
Número de botellas necesarias		Fz=	3	

**\*Calculo de la cantidad de CO<sub>2</sub>\***

Zona :	pañol de pintura
--------	------------------

Gross volume of room	95,90	(m <sup>3</sup> )
Volume of compressed air receiver	0,00	(m <sup>3</sup> )
Volume casing	0,00	(m <sup>3</sup> )
Total Volume (excl. Casing)	95,90	(m <sup>3</sup> )
Application factor, total vol.( excl. Casing)	0,40	
Discharge time	2	(min)

CO2 qutty. For flooding in 2 Minutes	Q=	59	(Kg)
Required CO2 supply quantity	Qv=	69	(Kg)
Supply qutty. Chosen	Qg=	90	(Kg)
Cylinder size chosen	Fg=	67	(l)(45Kg)
Number of cylinders chosen	Fz=	2	

**\*Calcul. of co2 Quantity\***

Área	Cámara de MMAA
------	----------------

Gross volume of room	496,90	(m <sup>3</sup> )
Volume of compressed air receiver	0,00	(m <sup>3</sup> )
Volume casing	0,00	(m <sup>3</sup> )
Total Volume (excl. Casing)	496,40	(m <sup>3</sup> )
Total Volume (incl. Casing)	2841,50	(m <sup>3</sup> )
Application factor, total vol.( excl. Casing)	0,40	
Discharge time	2	min

CO2 qutty. For flooding in 2 Minutes	Q=	302,00	(Kg)
Required CO2 supply quantity	Qv=	355,00	(Kg)
Supply qutty. Chosen	Qg=	360,00	(Kg)
Cylinder size chosen	Fg=	67,00	(l)(45Kg)
Number of cylinders chosen	Fz=	8,00	

**\*Calculo de la cantidad de CO<sub>2</sub>\***

Zona :	Cámara de MMPP
--------	----------------

Volumen bruto de la cámara	2541,70	(m <sup>3</sup> )
Volumen de aire en recipientes a presión	30,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen del guardacalor	269,80	(m <sup>3</sup> )
Volumen total sin guardacalor	2571,70	(m <sup>3</sup> )
Volumen total con guardacalor	2841,50	
Factor de aplicación sin guardacalor	0,40	
Factor de aplicación con guardacalor	0,35	
Tiempo de descarga (85%)	2	(min)

Cantidad de CO <sub>2</sub> a descargar en 2 min	$(2571,7 \times 0,4) / 0,56 \times 0,85$	Q=	1561,00	(Kg)
Cantidad total requerida de CO <sub>2</sub>	$(2571,7 \times 0,4) / 0,56$	Qv=	1837,00	(Kg)
Cantidad de suministro elegido		Qg=	1845,00	(Kg)
Cantidad de CO <sub>2</sub> por botella		Fg=	67,00	(l)(45Kg)
Número de botellas necesarias	1845/45	Fz=	41,00	

**\*Calculo de la cantidad de CO<sub>2</sub>\***

Zona :	Cámara de MMPP(popa)
--------	----------------------

Volumen bruto de la cámara	2709,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen de aire en recipientes a presión	30,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen del guardacalor	269,80	(m <sup>3</sup> )
Volumen total sin guardacalor	2709,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen total con guardacalor	2978,80	
Factor de aplicación sin guardacalor	0,40	
Factor de aplicación con guardacalor	0,35	
Tiempo de descarga (85%)	2	(min)

Cantidad de CO <sub>2</sub> a descargar en 2 min	$(2709 \times 0,4) / 0,56 \times 0,85$	Q=	1644,75	(Kg)
Cantidad total requerida de CO <sub>2</sub>	$(2709 \times 0,4) / 0,56$	Qv=	1946,00	(Kg)
Cantidad de suministro elegido		Qg=	1935,00	(Kg)
Cantidad de CO <sub>2</sub> por botella		Fg=	67,00	(l)(45Kg)
Número de botellas necesarias	1935/45	Fz=	43,00	

**\*Calculo de la cantidad de CO<sub>2</sub>\***

Zona :	Generador de Emergencia
--------	-------------------------

Volumen bruto de la cámara	129,60	(m <sup>3</sup> )
Volumen de aire en recipientes a presión	0,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen del guardacalor	0,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen total sin guardacalor	129,60	(m <sup>3</sup> )
Volumen total con guardacalor	129,60	
Factor de aplicación sin guardacalor	0,40	
Factor de aplicación con guardacalor	0,35	
Tiempo de descarga (85%)	2	(min)

Cantidad de CO <sub>2</sub> a descargar en 2 min		Q=	79	(Kg)
Cantidad total requerida de CO <sub>2</sub>		Qv=	93	(Kg)
Cantidad de suministro elegido		Qg=	135	(Kg)
Cantidad de CO <sub>2</sub> por botella		Fg=	67	(l)(45Kg)
Número de botellas necesarias		Fz=	3	

**\*Calculo de la cantidad de CO<sub>2</sub>\***

Zona :	Purificadoras
--------	---------------

Volumen bruto de la cámara	704,20	(m <sup>3</sup> )
Volumen de aire en recipientes a presión	30,00	(m <sup>3</sup> )
Volumen del guardacalor	269,80	(m <sup>3</sup> )
Volumen total sin guardacalor	704,20	(m <sup>3</sup> )
Volumen total con guardacalor	974,20	
Factor de aplicación sin guardacalor	0,40	
Factor de aplicación con guardacalor	0,35	
Tiempo de descarga (85%)	2	(min)

Cantidad de CO <sub>2</sub> a descargar en 2 min	$(704,2 \times 0,4) / 0,56 \times 0,85$	Q=	598,57	(Kg)
Cantidad total requerida de CO <sub>2</sub>	$(704,2 \times 0,4) / 0,56$	Qv=	503,00	(Kg)
Cantidad de suministro elegido		Qg=	495,00	(Kg)
Cantidad de CO <sub>2</sub> por botella		Fg=	67,00	(l)(45Kg)
Número de botellas necesarias	495/45	Fz=	11,00	

## 2. Dimensionamiento de la red de tuberías

Los diámetros de las tuberías, el número de toberas de CO<sub>2</sub> y la capacidad de descarga de las toberas deben ser adecuados para permitir la descarga del 85% de las botellas de CO<sub>2</sub> en un plazo de 2 minutos.

Debido a la complejidad que presenta el dimensionamiento de tuberías de un Sistema de C.I. de alta Presión de CO<sub>2</sub>, la Sociedad de Clasificación aprueba la utilización de un método de cálculo reconocido como por ejemplo el de la "NFPANATIONAL FIRE PROTECION ASSOCIATIONS"

Para calcular el diámetro de las tuberías se tendrá en cuenta el caudal que pase por ella y sobre todo las pérdidas de carga. Para ello se puede utilizar la siguiente tabla.

Diámetro Nominal DN		Diámetro Exterior (m.m.)	Diámetro Mínimo Interior (m.m.)	Max. Cantidad de CO <sub>2</sub> (kg/min)
m.m.	Pulg.			
15	½"	21.3	13	45
20	¾"	26.9	19	100
25	1"	33.7	25	135
32	1 ¼"	42.4	32	275
40	1 ½"	48.3	38	450
50	2"	60.3	50	1100
65	2 ½"	76.1	65	1500
80	3"	88.9	76	2000
100	4"	114.3	101	4750
125	5"	139.7	123	9500
150	6"	168.3	150	15250

Tabla 17. Diámetro tuberías

### Design of quick-flooding lines

Nominal diameter DN		Weight of CO <sub>2</sub> for machinery and boiler spaces [kg]	Weight of CO <sub>2</sub> for cargo holds for motor vehicles [kg]
[mm]	[inches]		
15	½	45	400
20	¾	100	800
25	1	135	1200
32	1 ¼	275	2500
40	1 ½	450	3700
50	2	1100	7200
65	2 ½	1500	11500
80	3	2000	20000
90	3 ½	3250	
100	4	4750	
110	4 ½	6810	
125	5	9500	
150	6	15250	

Los Espesores de las Tuberías no serán inferiores a los especificados en la Tabla que se adjunta a continuación:

Minimum steel pipe thicknesses for CO<sub>2</sub>

$d_a$ [mm]	From cylinders to distribution valves $s$ [mm]	From distribution valves to nozzles $s$ [mm]
21,3 – 26,9	3,2	2,6
30,0 – 48,3	4,0	3,2
51,0 – 60,3	4,5	3,6
63,5 – 76,1	5,0	3,6
82,5 – 88,9	5,6	4,0
101,6	6,3	4,0
108,0 – 114,3	7,1	4,5
127,0	8,0	4,5
133,0 – 139,7	8,0	5,0
152,4 – 168,3	8,8	5,6

Tabla 18. Espesores de tubería

De acuerdo con la tablas 12.1.1 (LR's) y Pt C, Ch 1, Sec 10, tabla 3 (BV) los límites de presión y temperatura de diseño indican que el sistema pertenece a la Clase I siendo los valores límites:

- $p > 4 \text{ MPa}$
- $T > 300^\circ\text{C}$

La velocidad del gas en el sistema de tuberías la estableceremos en 20 m/s.

Para el cálculo de los diámetros utilizaremos la siguiente expresión:

$$Q = v \times A = v \times \pi \frac{D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{3600 \times \pi \times v}} [m]$$

Establecemos como:

$Q =$  Caudal de contra incendios [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$v =$  Velocidad de agua en la sección de tubería en [ $\text{m}/\text{s}$ ]

$A =$  Área interna de la sección de tubería [ $\text{m}^2$ ]

### 3. Estándar de diseño y materiales

La tubería suele estar galvanizada para protegerla de la corrosión y las uniones deben ser rosca-das o bridas de cuello DIN 22637 PN100.

Para presiones de trabajo mayores se utiliza tubería calibrada NBK y bridas SAE.

Tanto la tubería como sus accesorios deben de ser especificados de acuerdo a los requerimientos de la Clase I.

#### 4. Consideraciones generales del diseño de la instalación

En la realización del esquema debe tenerse en consideración el posterior proceso de desarrollo, por lo que debe tenerse en cuenta una serie de requisitos que incluso pueden formar parte del esquema en forma de notaciones. Entre otros:

##### **4.1 Disposición**

Debe evitarse en la medida de lo posible que las tuberías pasen por espacios de pasaje. Si no es posible dichas tuberías irán sin uniones ni acoplamientos donde puedan existir fugas.

No se llevarán por espacios refrigerados.

En espacios de carga grandes, se dispondrán de al menos 2 colectores uno a proa y otro a popa el espacio.

En espacios de máquinas las boquillas de descarga debe de situarse en las partes altas y bajas del espacio.

##### **4.2 Accesibilidad para Mantenimiento**

El sistema de tuberías deberá ser proyectado de manera tal que cada porción del sistema pueda ser reparado o reemplazado con mínima dificultad. Deben proveerse espacios libres para realizar las labores de mantenimiento de los equipos.

En la disposición del local de botellas deberá considerarse los espacios necesarios para el manejo de estas, siendo necesaria la inclusión de un polipasto con traslación manual para el pesaje y/o cambio de las cambio de botellas.

Se dispondrán uniones de tuberías para el montaje de esta y el futuro mantenimiento de la instalación. Los tipos de uniones a usar en cada sistema vienen definidos por:

BV – Parte C, Capítulo 1, Sección 10-2.4 (tablas 15 a 18)

## Capítulo 7. MODOS DE OPERACIÓN

La instalación de Extinción de Incendio por CO2, como ya hemos definido con anterioridad los siguientes espacios del buque:

- Cámara de MMPP de Popa
- Cámara de MMPP de Proa
- Cámara de MMAA
- Local de Purificadoras
- Cabina de Control de Máquinas
- Local Grupo de Emergencia
- Local Grupo de Puerto
- Pañol de Pinturas
- Cocina

Está diseñado para dar servicio a distintos espacios, de manera independiente, realizándose el disparo del área afectada de forma manual/remota (que clasificaremos como GRUPO1) o manual (GRUPO2), todas desde el local de CO2 ó Zonas de Máquinas (Grupo1), junto a la entrada a máquinas en cubierta 3.

La instalación consta de una batería de 115 botellas en total de de 67 Lts. cada una, con su válvula de descarga, unidas a un colector mediante latiguillos. Detalle en el plano N° 4.

Del colector salen 8 ramales independientes (ver detalle en plano N°1) para cada una de las zonas a proteger. Cada una de estas tiene asignada un número de botellas según el volumen del local.

El colector va equipado con válvula de seguridad, manómetro e interruptor de presión (presostato).( ver detalle en plano N°4)

Para la cocina hay 1 botella de 10.7 Lts. en el propio local, y su modo de operación viene detallado también en el plano N° 7.

El grupo de cada local y el número de botellas necesarias para cubrir el volumen de los mismos es el siguiente:

ÁREA	GRUPO	LOCAL	Nº DE BOTELLAS
1	1	Cámara de MMPP de Popa y MMPP de Proa	84
2	1	Local de Purificadoras	11
3	1	Cámara de MMAA	8
4	1	Cabina de Control	5
5	2	Grupo Puerto	2

6	2	Pañol de pinturas	2
7	2	Grupo de Emergencia	3
<b>TOTAL</b>			<b>115</b>

**Funcionamiento GRUPO1 (Manual/Remota):**

Abrimos cajetín de la zona a disparar, SONARA ALARMA Y PARARÁ LA VENTILACION, cerramos Dampers, desde el cuadro de emergencia de cubierta 3 o desde el puente 8 (en el pañol de pintura habría que cerrar las tapas manualmente) y actuamos sobre válvulas de pilotaje, primero apertura válvula descarga y después apertura de la sección de botellas correspondiente.

La apertura de la válvula de descarga y la apertura de las botellas, la realizan los actuadores accionados por la botella de CO2 de pilotaje.

ARMARIO CON "LLAVES" DISPARADORAS BOTELLONES



VALVULAS PILOTO CAJETINES DE LA ZONA A DISPARAR

En las líneas de pilotaje para la apertura de botellas hay un dispositivo de retardo que retrasa la apertura de las botellas unos 30 seg.



PALANCAS ZONAS RETARDO

### Funcionamiento en Conducto Extracción de la Campana de la Cocina (GRUPO2):

Para este servicio se dispone de botella y caja de válvulas en el mismo local, y todo es manual.

En la caja de disparo solo hay una palanca de accionamiento, que al actuar sobre ella, activa la alarma de CO2. En este caso hay que desconectar el extractor, cerrar la válvula corta fuego y abrir la botella de CO2, de forma manual.

Ver plano N°2, Esquema de Operación.



### INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Las instrucciones para la operación del sistema, se deben localizar en un lugar visible, o junto a los controles manuales, y en el cuarto de almacenamiento del dióxido de carbono.

Para los sistemas, en los cuales el almacenamiento del CO2, no se encuentre dentro del espacio protegido, las instrucciones de operación, se deben incluir en un documento, en el cual se indique la localización del control de emergencia que se debe operar, cuando los controles normales fallen.

Instrucciones de operación en caso de incendio en los espacios protegidos:

1. Abrir la puerta de la caja de válvula piloto, la alarma se activará,
2. Asegurarse de que todo el personal sea evacuado de los espacios protegidos,
3. Cerrar todas las puertas, escotillas y ventilaciones,
4. Cerrar los suministros de maquinarias y de fuel-oil,
5. Abrir la caja de los cilindros pilotos,
6. Abrir la válvula del cilindro piloto,
7. Comprobar la presión,
8. Abrir la válvula piloto,
9. Después de 10 minutos, cerrar la válvula del cilindro piloto,
10. No entrar en los espacios sin usar aparatos respiratorios.

PRECAUCIÓN

Si suena la alarma de CO2 o se empieza a descargar el gas todo el personal debe de abandonar la sala inmediatamente (peligro de sofocación)

De talle en plano N°6

## PLANOS

---

Aclaración al lector: los planos son una parte importante en el desarrollo de un proyecto de ingeniería, por lo que he intentado ajustarlo lo máximo posible a la realidad.

Los formatos que se muestran en los cajetines, son los formatos reales a los que se han diseñado y deben de ser impresos para una óptima visualización de los detalles que en ellos se muestran.

Las copias facilitadas se han impreso en formato A3, pero también están disponibles los formatos originales de diseño para aquellos que estén interesados.

Formatos de c/u de los planos facilitados del proyecto

Plano Nº 1: A0

Plano Nº2: A1

Plano Nº3: A3

Plano Nº4: A0

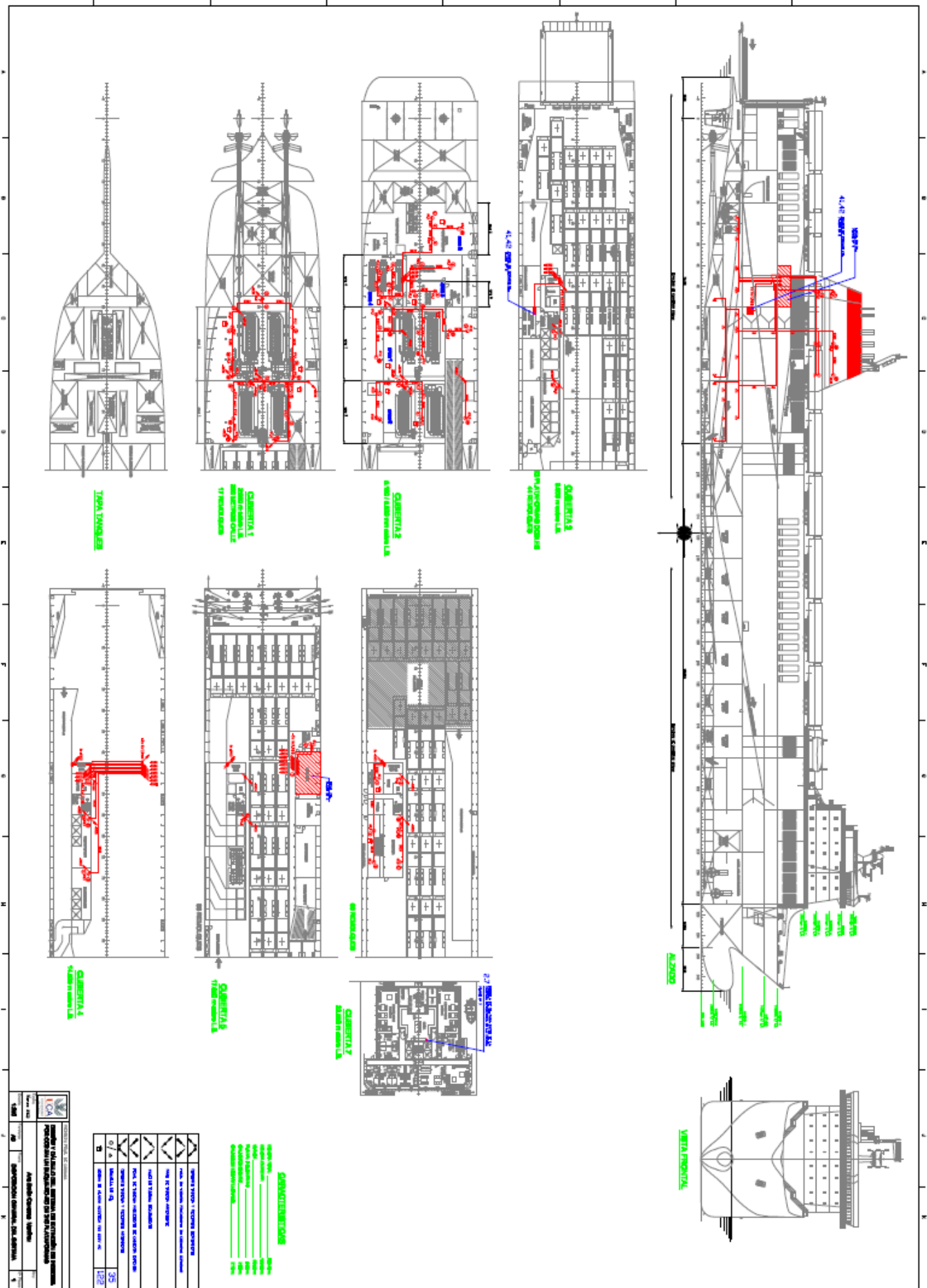
Plano Nº5: A1

Plano Nº6: A3

Plano Nº7: A3

Plano Nº 8: A2

# DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR CO2 EN UN BUQUE RO-RO DE 210 PLATAFORMAS

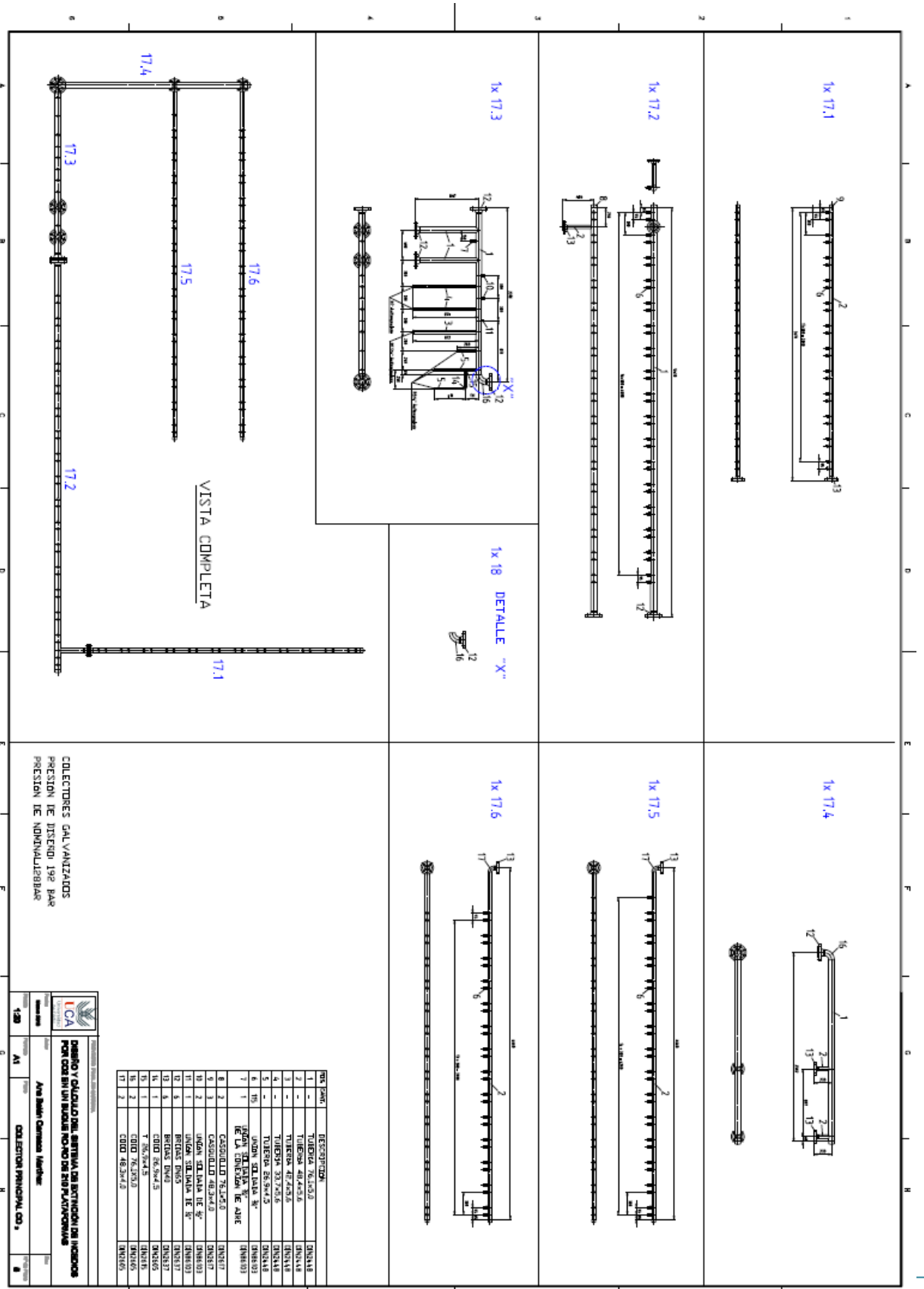




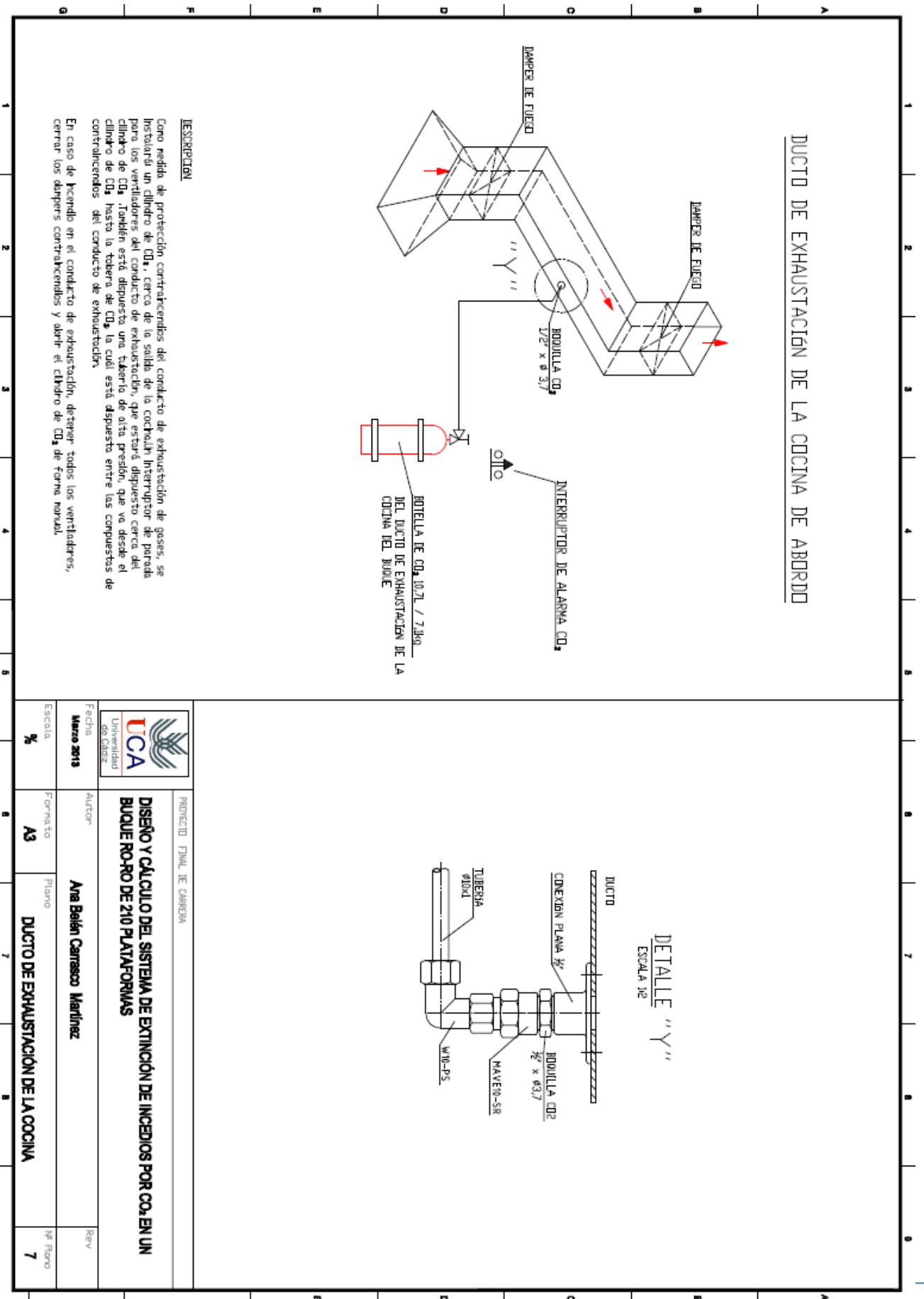




# DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR CO2 EN UN BUQUE RO-RO DE 210 PLATAFORMAS







		PROYECTO FINAL DE CARRERA	
<b>DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR CO<sub>2</sub> EN UN BUQUE RO-RO DE 210 PLATAFORMAS</b>		Autor: <b>Ana Belén Carrasco Martínez</b>	
Fecha	Marzo 2013	Formato	A3
Escala	%	Plano	DUCTO DE EXHAUSTACION DE LA COCINA
Rev	Nº Plano	7	7





## ANEXOS

---

## ANEXO 1

### **SOLAS, Capitulo II-2.- Construcción – Prevención, detección y extinción de incendios**

- Regla 10.-Lucha contra incendios  
Apartado 4: Sistemas fijos de extinción de incendios

Apartado 5: Medios de extinción de incendios en los espacios de maquinas

Apartado 6: Dispositivos de extinción de incendios en puestos de control, espacios de alojamiento y espacios de servicio: en especial el sub-apartado 6.3.3

#### **4 Sistemas fijos de extinción de incendios**

##### 4.1 Tipos de sistemas fijos de extinción de incendios

4.1.1 El sistema fijo de extinción de incendios prescrito en el párrafo 5 infra podrá ser uno Cualquiera de los siguientes:

- .1 un sistema fijo de extinción de incendios por gas que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios;
- .2 un sistema fijo de extinción de incendios a base de espuma de alta expansión que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios;
- .3 un sistema fijo de extinción de incendios por aspersión de agua a presión que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

4.1.2 Cuando se instale un sistema fijo de extinción de incendios que no este prescrito en el presente capítulo, tal sistema habrá de cumplir las prescripciones de las reglas pertinentes del presente capítulo y del Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

4.1.3 Se prohibirán los sistemas de extinción de incendios en los que se utilicen los halones 1211, 1301 y 2402 y perfluorocarbonos.

4.1.4 La Administración no permitirá, por lo general, el uso de vapor como agente extintor en los sistemas fijos de extinción de incendios. Cuando la Administración permita el uso de vapor, éste se usará solamente en zonas restringidas y como complemento del sistema de extinción de incendios prescrito, y deberá cumplir lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

4.2 Medios de cierre para los sistemas fijos de extinción de incendios por gas

Cuando se utilice un sistema fijo de extinción de incendios por gas, será posible cerrar desde el exterior todas las aberturas por las que pueda penetrar aire en el espacio protegido o escapar gas de él.

### 4.3 Espacios de almacenamiento del agente extintor

Cuando el agente extintor esté almacenado fuera de un espacio protegido, se hallará en un espacio situado detrás del mamparo de colisión y que no se emplee para otro propósito. La entrada a tal espacio de almacenamiento se efectuará preferiblemente desde una cubierta expuesta, y dicha entrada será independiente del espacio protegido. Si el espacio de almacenamiento se encuentra bajo cubierta, no se encontrará más abajo de una cubierta por debajo de la cubierta expuesta, y será posible acceder directamente a él por una escalera o escala desde la cubierta expuesta. Los espacios que se encuentren bajo cubierta o los espacios a los que no se puede acceder desde la cubierta expuesta, dispondrán de un sistema de ventilación mecánico previsto para aspirar el aire de la parte inferior del espacio y que tenga las dimensiones necesarias para permitir 6 renovaciones de aire por hora. Las puertas de acceso se abrirán hacia afuera, y los mamparos y las cubiertas que constituyan los límites entre dichos compartimientos y los espacios cerrados contiguos, incluidas las puertas y otros medios de cierre de toda abertura de los mismos, serán herméticos. A efectos de la aplicación de los cuadros 9.1 a 9.8, estos espacios de almacenamiento serán considerados como puestos de control.

### 4.4 Bombas de agua para otros sistemas fijos de extinción de incendios

Con excepción de las bombas del colector contraincendios, todas las bombas necesarias para suministrar agua a los sistemas de extinción de incendios prescritos en el presente capítulo, así como sus fuentes de energía y sus mandos, se instalarán fuera del espacio o de los espacios protegidos por tales sistemas, y se dispondrán de tal manera que si se declara un incendio en el espacio o los espacios protegidos no quede inutilizado ninguno de dichos sistemas.

## 5 Medios de extinción de incendios en los espacios de maquinas

5.1 Espacios de maquinas que contienen calderas alimentadas con combustible líquido o instalaciones de combustible líquido 5.1.1 Sistemas fijos de extinción de incendios Los espacios de categoría A para maquinas que contengan calderas alimentadas con combustible líquido o instalaciones de combustible líquido estarán provistos de uno cualquiera de los sistemas fijos de extinción de incendios indicados en el párrafo 4.1. En todos los casos, si las cámaras de maquinas y las de calderas no están completamente separadas entre sí, o si el combustible puede escurrir desde la cámara de calderas hasta la de maquinas, estas dos cámaras serán consideradas como un solo compartimiento.

### 5.1.2 Medios adicionales de extinción de incendios

5.1.2.1 En cada cámara de calderas, o a la entrada de ella, por la parte de fuera, habrá por lo menos un dispositivo portátil lanza espuma que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

5.1.2.2 En cada pasillo de calderas de cada cámara de calderas y en todo espacio en que se halle situada una parte de la instalación de combustible líquido habrá por lo menos dos extintores portátiles de espuma o de un producto equivalente. En cada cámara de calderas habrá por lo menos un extintor de espuma de tipo aprobado, de 135 como mínimo de capacidad, o su equivalente. Estos extintores estarán provistos de mangueras montadas en carreteles con las que se pueda alcanzar cualquier punto de la cámara de calderas. En el caso de calderas de menos de

175 Kw destinadas a servicios domésticos, no se requiere un extintor de espuma de tipo aprobado de 135 de capacidad como mínimo.

5.1.2.3 En cada pasillo de calderas habrá un recipiente que contenga por lo menos 0,1 m<sup>3</sup> de arena, serrín impregnado de sosa u otro material seco aprobado, junto con una pala adecuada para esparcir el material. En lugar de ese recipiente podrá haber un extintor portátil de tipo aprobado.

## 5.2 Espacios de maquinas con motores de combustión interna

### 5.2.1 Sistemas fijos de extinción de incendios

Los espacios de categoría A para maquinas que contengan motores de combustión interna estarán provistos de uno de los sistemas fijos de extinción de incendios indicados en el párrafo 4.1.

### 5.2.2 Medios adicionales de extinción de incendios

5.2.2.1 Habrá por lo menos un dispositivo portátil lanza espuma que cumpla lo dispuesto en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios.

5.2.2.2 En cada uno de estos espacios habrá extintores de espuma de tipo aprobado, cada uno de ellos con una capacidad de 45 como mínimo, o su equivalente, en número suficiente para que la espuma o su equivalente puedan alcanzar cualquier punto de los sistemas de combustible y de aceite de lubricación a presión, engranajes y otras partes que presenten riesgo de incendio. Habrá además un número suficiente de extintores portátiles de espuma, o su equivalente, situados de modo que no sea necesario recorrer más de 10 m para llegar a ellos desde ningún punto del espacio de que se trate, debiendo haber por lo menos dos en cada espacio. Con respecto a los espacios de menores dimensiones de los buques de carga, la Administración podrá considerar la conveniencia de atenuar esta prescripción.

## 5.3 Espacios de maquinas con turbinas de vapor o maquinas de vapor de cárter cerrado

### 5.3.1 Sistemas fijos de extinción de incendios

Los espacios que contengan turbinas de vapor o maquinas de vapor de cárter cerrado que se utilicen para la propulsión principal u otros fines con una potencia de salida total no inferior a 375 Kw, estarán provistos de uno de los sistemas de extinción de incendios indicados en el párrafo 4.1 cuando esos espacios no tengan dotación permanente.

### 5.3.2 Medios adicionales de extinción de incendios

5.3.2.1 Habrá extintores de espuma de tipo aprobado, de 45 de capacidad como mínimo, o su equivalente, en número suficiente para que la espuma o su equivalente puedan alcanzar cualquier punto del sistema de lubricación a presión o de las envueltas de componentes de las turbinas lubricados a presión, maquinas o engranajes respectivos y otras partes que presenten riesgo de incendio. No obstante, no se exigirán estos extintores si dichos espacios gozan de una protección por lo menos equivalente a la prescrita en el presente párrafo, mediante un sistema fijo de extinción de incendios instalado en cumplimiento de lo dispuesto en el párrafo 4.1.

5.3.2.2 Habrá un número suficiente de extintores portátiles de espuma o de dispositivos equivalentes situados de modo que no sea necesario recorrer más de 10 m para llegar a ellos desde ningún punto del espacio de que se trate, debiendo haber por lo menos dos en cada espacio, si bien no se exigirán más de los provistos en cumplimiento de lo dispuesto en el párrafo 5.1.2.2.

## 5.4 Otros espacios de maquinas

Cuando a juicio de la Administración haya riesgo de incendio en algún espacio de maquinas respecto del cual no existan disposiciones concretas en los párrafos 5.1, 5.2 y 5.3 en cuanto a dispositivos extintores, en el espacio de que se trate, o junto a él, habrá el numero de extintores portátiles de tipo aprobado u otros dispositivos de extinción de incendios que la Administración estime suficiente.

#### 5.5 Prescripciones adicionales para buques de pasaje

En los buques de pasaje que transporten más de 36 pasajeros, todo espacio de categoría A para maquinas ira' provisto al menos de dos nebulizadores de agua adecuados.

#### 5.6 Sistemas fijos de extinción de incendios de aplicación local

5.6.1 El párrafo 5.6 se aplicara' a los buques de pasaje de arqueo bruto igual o superior a 500 y a los buques de carga de arqueo bruto igual o superior a 2 000.

5.6.2 Los espacios de maquinas de categoría A cuyo volumen sea superior a 500 m<sup>3</sup>, además de disponer del sistema fijo de lucha contra incendios prescrito en el párrafo 5.1.1, estarán protegidos por un sistema fijo de extinción de incendios de aplicación local a base de agua o equivalente de tipo aprobado según las directrices elaboradas por la Organización. En el caso de los espacios de maquinas sin dotación permanente, el sistema de extinción de incendios podrá accionarse tanto automática como manualmente. En el caso de los espacios de maquinas con dotación permanente, solo se requiere el mecanismo manual.

5.6.3 Los sistemas fijos de extinción de incendios de aplicación local deberán proteger zonas tales como las que se indican a continuación, sin que sea necesario parar las maquinas, evacuar al personal o cerrar herméticamente el espacio:

- .1 las partes con riesgo de incendio de los motores de combustión interna utilizados para la propulsión principal del buque y la producción de energía;
- .2 la parte delantera de las calderas;
- .3 las partes con riesgo de incendio de los incineradores; y
- .4 los depuradores del fueloil calentado.

5.6.4 La activación de cualquier sistema de aplicación local dará' una alarma visual y audible en el espacio protegido y en los puestos con dotación permanente. La alarma indicara específicamente que' sistema se ha activado.

Esta alarma de los sistemas locales que se describe en el presente párrafo se añade a la del sistema de detección y alarma contra incendios prescrito en otras partes del presente capítulo y no la sustituye.

## **6 Dispositivos de extinción de incendios en puestos de control, espacios de alojamiento y espacios de servicio**

### 6.1 Sistemas de rociadores en los buques de pasaje

6.1.1 En los buques de pasaje que transporten más de 36 pasajeros, todos los puestos de control, espacios de servicio y espacios de alojamiento, incluidos pasillos y escaleras, estarán equipados con un sistema automático de rociadores, de detección de incendios y de alarma contra incendios de tipo aprobado que cumpla lo prescrito en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios. En su lugar, los puestos de control en que el agua pueda dañar equipo esencial podrán ir

equipados con un sistema fijo de extinción de incendios aprobado de otro tipo. En espacios con escaso o nulo riesgo de incendio, tales como espacios perdidos, servicios públicos, pañoles de almacenamiento de CO<sub>2</sub>, u otros espacios similares, no es necesario que haya un sistema automático de rociadores.

6.1.2 En los buques de pasaje que no transporten más de 36 pasajeros, cuando únicamente los pasillos, escaleras y vías de evacuación de los espacios de alojamiento estén provistos de un sistema fijo de detección de humo y de alarma contraincendios que cumpla lo prescrito en el Código de Sistemas de Seguridad contra Incendios, se instalará un sistema automático de rociadores de conformidad con lo dispuesto en la regla 7.5.3.2.

## 6.2 Sistemas de rociadores para buques de carga

En los buques de carga para los que se adopte el método IIC especificado en la regla 9.2.3.1.1.2 se instalará un sistema automático de rociadores, de detección de incendios y de alarma contraincendios de conformidad con lo prescrito en la regla 7.5.5.2.

## 6.3 Espacios que contengan líquidos inflamables

6.3.1 Los pañoles de pinturas estarán protegidos por:

- .1 un sistema de anhídrido carbónico proyectado para dar un volumen mínimo de gas libre igual al 40% del volumen bruto del espacio protegido;
- .2 un sistema de polvo seco con una capacidad mínima de 0,5 kg de polvo/m<sup>3</sup>;
- .3 un sistema de aspersión de agua o de rociadores con una capacidad de 5 /m<sup>2</sup> min. Los sistemas de aspersión de agua podrán estar conectados al colector contraincendios del buque; o
- .4 un sistema que ofrezca una protección equivalente, a juicio de la Administración. En todos los casos se podrá hacer funcionar el sistema desde el exterior del espacio protegido.

6.3.2 Los pañoles de líquidos inflamables estarán protegidos por medios adecuados de extinción de incendios aprobados por la Administración.

6.3.3 En los pañoles de superficie inferior a 4 m<sup>2</sup> que no den acceso a espacios de alojamiento se podrá aceptar un extintor portátil de anhídrido carbónico proyectado para dar un volumen mínimo de gas libre igual al 40% del volumen bruto del espacio en lugar de un sistema fijo. Se instalará una porta de descarga en el pañol para permitir la descarga del extintor sin necesidad de entrar en el espacio protegido. El extintor portátil se estibarán junto a la porta. También se podrá proporcionar una porta o conexión de manguera para facilitar la utilización del agua del colector de incendios.

## 6.4 Maquinas freidoras

Las maquinas freidoras estarán provistas de lo siguiente:

- .1 un sistema de extinción de incendios automático o manual que haya sido sometido a prueba de conformidad con una norma internacional que sea aceptable para la Organización;
- .2 un termostato principal y uno de reserva dotados de una alarma para informar al operador del fallo de cualquiera de ellos;
- .3 medios para la desconexión automática de la energía eléctrica cuando se active el sistema de extinción de incendios;

.4 una alarma para indicar la activación del sistema de extinción de incendios en la cocina en que esté instalado el equipo; y

.5 mandos para activar manualmente el sistema de extinción de incendios que estén claramente marcados de modo que la tripulación los pueda identificar y utilizar rápidamente.

## ANEXO 2

### **Código de Sistema de Seguridad Contra Incendios (SSCI)**

---

#### **Capítulo 5. Sistemas Fijos de Extinción de Incendios por Gas (CO2)**

**Capítulo 8** titulado “Sistemas automáticos de rociadores, de detección de incendios y de alarma contra incendios”

**Capítulo 9** “Sistemas fijos de detección de incendios y de alarmas contra incendios”.

#### **CAPÍTULO 5 - SISTEMAS FIJOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS POR GAS**

##### **1** Ámbito de aplicación

El presente capítulo establece las especificaciones de los sistemas fijos de extinción de incendios por gas, prescritos en el capítulo II-2 del Convenio.

##### **2** Especificaciones técnicas

###### **2.1** Generalidades

###### **2.1.1** Agente extintor de incendios

**2.1.1.1** Cuando se necesite que el agente extintor proteja más de un espacio, no hará falta que la cantidad del agente extintor disponible sea mayor que la máxima prescrita para cualquiera de los espacios así protegidos.

**2.1.1.2** El volumen inicial de aire de los recipientes, convertido en volumen de aire libre, se agregará al volumen total del espacio de máquinas al calcular la cantidad necesaria de agente extintor de incendios. También se podrá instalar una tubería de descarga desde las válvulas de seguridad que conduzca directamente al aire libre.

**2.1.1.3** Se proveerán medios para que la tripulación pueda comprobar sin riesgos la cantidad de agente extintor de incendios que hay en los recipientes.

**2.1.1.4** Los recipientes de almacenamiento del agente extintor de incendios y los correspondientes accesorios sometidos a presión se proyectarán de conformidad con códigos de prácticas que la Administración juzgue aceptables, habida cuenta de su ubicación y de la temperatura ambiente máxima que quepa esperar en servicio.

###### **2.1.2** Prescripciones relativas a la instalación

2.1.2.1 La disposición del sistema de tuberías de distribución del agente extintor de incendios y el emplazamiento de las boquillas de descarga serán tales que se logre una distribución uniforme del agente extintor.

2.1.2.2 Salvo cuando la Administración autorice otra cosa, los recipientes a presión prescritos para el almacenamiento de un agente extintor de incendios que no sea vapor estarán situados fuera de los espacios protegidos, de conformidad con lo dispuesto en la regla II-2/10.4.3 del Convenio.

2.1.2.3 Las piezas de respeto para el sistema estarán almacenadas a bordo y serán satisfactorias a juicio de la Administración.

### 2.1.3 Prescripciones relativas al control del sistema

2.1.3.1 Las tuberías que hayan de conducir el agente extintor de incendios a los espacios protegidos llevarán válvulas de control marcadas de modo que indiquen claramente los espacios a que llegan las tuberías. Se tomarán las medidas necesarias para impedir que el agente extintor se descargue involuntariamente en estos espacios. Cuando un espacio de carga provisto de un sistema de extinción de incendios por gas se utilice como espacio para pasajeros, la conexión de gas quedará bloqueada mientras se haga tal uso del espacio. Las tuberías podrán atravesar espacios de alojamiento a condición de que tengan un espesor considerable y se haya verificado su estanquidad mediante una prueba con una carga estática no inferior a 5 N/mm después de haber sido instaladas. Además, las tuberías que atraviesen zonas de alojamiento estarán unidas únicamente por soldadura y no tendrán desagües u otras aberturas dentro de tales espacios. Las tuberías no atravesarán espacios refrigerados.

2.1.3.2 Se proveerán los medios necesarios para que una señal acústica automática indique la descarga del agente extintor de incendios en cualquier espacio en el que habitualmente haya personal trabajando o al que éste tenga acceso. La alarma previa a la descarga se activará automáticamente, por ejemplo, al abrir la puerta del dispositivo de descarga. La alarma sonará durante un tiempo suficiente para evacuar el espacio, y en cualquier caso, 20 segundos por lo menos antes de que se produzca la descarga del agente extintor. No obstante, en los espacios de carga habituales y en los espacios pequeños (tales como cámaras del compresor, pañoles de pinturas, etc.) en que sólo se vaya a producir una descarga local, no es necesario contar con tal alarma automática.

2.1.3.3 Los medios de control de todo sistema fijo de extinción de incendios por gas serán fácilmente accesibles, de accionamiento sencillo, y estarán agrupados en el menor número posible de puntos y en emplazamientos no expuestos a quedar aislados por un incendio que se declare en el espacio protegido. En cada uno de estos puntos habrá instrucciones claras relativas al funcionamiento del sistema, en las que se tenga presente la seguridad del personal.

2.1.3.4 No se permitirá la descarga automática del agente extintor de incendios, salvo que la autorice la Administración.

## 2.2 Sistemas de anhídrido carbónico

### 2.2.1 Cantidad de agente extintor de incendios

2.2.1.1 En los espacios de carga, la cantidad disponible de anhídrido carbónico será suficiente, salvo que se disponga otra cosa, para liberar un volumen mínimo de gas igual al 30% del volumen bruto del mayor de los espacios de carga que se deba proteger en el buque.

2.2.1.2 En los espacios de máquinas, la cantidad disponible de anhídrido carbónico será suficiente para liberar un volumen mínimo de gas igual al mayor de los volúmenes siguientes:

.1 el 40% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, excluido el volumen de la parte del guardacalor situada encima del nivel en que el área horizontal del guardacalor es igual o inferior al 40% de la zona horizontal del espacio considerado, medida a la mitad de la distancia entre la parte superior del tanque y la parte más baja del guardacalor; o

.2 el 35% del volumen bruto del mayor espacio de máquinas así protegido, comprendido el guardacalor.

2.2.1.3 Los porcentajes especificados en el párrafo 2.2.1.2 supra se podrán reducir al 35% y 30% respectivamente en los buques de carga de menos de 2 000 toneladas de arqueo bruto cuando se considere que dos o más espacios de máquinas que no estén completamente separados entre sí constituyen un solo espacio.

2.2.1.4 A los efectos del presente párrafo, el volumen de anhídrido carbónico libre se calculará a razón de 0,56 m<sup>3</sup> /kg.

2.2.1.5 En los espacios de máquinas, el sistema fijo de tuberías será tal que en un plazo de 2 min pueda descargar el 85% del gas dentro del espacio considerado.

2.2.2 Mandos Los sistemas de anhídrido carbónico cumplirán las prescripciones siguientes:

.1 se instalarán dos mandos separados para la descarga de anhídrido carbónico en un espacio protegido y para garantizar la activación de la alarma. Un mando se utilizará para abrir la válvula de las tuberías que conducen el gas hacia el espacio protegido y el otro se utilizará para descargar el gas de las botellas;

.2 los dos mandos estarán situados dentro de una caja de descarga que indique claramente el espacio de que se trate. Si la caja que contiene los mandos debe estar cerrada con llave, ésta se dejará en un receptáculo con tapa de vidrio que pueda romperse, colocado de manera bien visible junto a la caja.

2.3 Prescripciones relativas a los sistemas de vapor La caldera o las calderas disponibles para suministrar vapor producirán una evaporación de 1 kg de vapor por hora como mínimo por cada 0,75 m<sup>3</sup> del volumen total del mayor de los espacios así protegidos. Además de cumplir las prescripciones anteriores, los sistemas se ajustarán en todos los aspectos a lo que determine la Administración y del modo que ésta juzgue satisfactorio.

2.4 Sistemas a base de productos gaseosos procedentes del combustible utilizado 2.4.1 Generalidades Si en el buque se produce un gas distinto del anhídrido carbónico o del vapor, según se establece en el párrafo 2.3, y si dicho gas se utiliza como agente extintor, el sistema cumplirá lo prescrito en el párrafo 2.4.2.

2.4.2 Prescripciones relativas a los sistemas

2.4.2.1 Productos gaseosos

El gas será un producto gaseoso procedente del combustible utilizado, cuyo contenido de oxígeno, monóxido de carbono, elementos corrosivos y elementos combustibles sólidos no exceda del límite admisible.

2.4.2.2 Capacidad de los sistemas de extinción de incendios

2.4.2.2.1 Cuando se utilice este gas como agente extintor en un sistema fijo de extinción de incendios para proteger espacios de máquinas, la protección que proporcione será equivalente a la de un sistema fijo que utilice anhídrido carbónico como agente.

2.4.2.2.2 Cuando se utilice este gas como agente extintor en un sistema fijo de extinción de incendios para proteger espacios de carga, la cantidad disponible de dicho gas será suficiente para liberar, cada hora, y durante un periodo de 72 h, un volumen igual al 25% como mínimo del volumen bruto del mayor de los espacios así protegidos.

2.5 Sistemas fijos de extinción de incendios por gas equivalentes, para los espacios de máquinas y las cámaras de bombas de carga Los sistemas fijos de extinción de incendios por gas equivalentes a los especificados en los párrafos 2.2 a 2.4 serán aprobados por la Administración teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización. (\*)

## **CAPÍTULO 8 - SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ROCIADORES, DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y DE ALARMA CONTRA INCENDIOS**

### 1 Ámbito de aplicación

El presente capítulo establece las especificaciones de los sistemas automáticos de rociadores, detección de incendios y alarma contraincendios, prescritos en el capítulo II-2 del Convenio.

### 2 Especificaciones técnicas

#### 2.1 Generalidades

##### 2.1.1 Tipos de sistemas de rociadores

Los sistemas automáticos de rociadores serán del tipo de tuberías llenas, aunque pequeñas secciones no protegidas podrán ser del tipo de tuberías vacías si la Administración estima necesaria esta precaución. Las saunas se instalarán con un sistema de rociadores de tuberías vacías y la temperatura de funcionamiento de los cabezales rociadores podrá llegar a ser de hasta 140°C.

2.1.2 Sistemas de rociadores equivalentes a los especificados en los párrafos 2.2 a 2.4 Los sistemas automáticos de rociadores equivalentes a los especificados en los párrafos 2.2 a 2.4 serán aprobados por la Administración teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización. (\*\*)

#### 2.2 Fuentes de suministro de energía

##### 2.2.1 Buques de pasaje

Habrà por lo menos dos fuentes de suministro de energía para la bomba de agua de mar y el sistema automático de alarma y detección. Cuando las fuentes de energía para la bomba sean eléctricas, consistirán en un generador principal y una fuente de energía de emergencia. Para abastecer la bomba habrá una conexión con el cuadro de distribución principal y otra con el cuadro de distribución de emergencia, establecidas mediante alimentadores independientes reservados exclusivamente para este fin. Los alimentadores no atravesarán cocinas, espacios de máquinas ni otros espacios cerrados que presenten un elevado riesgo de incendio, salvo en la medida en que sea necesario para llegar a los cuadros de distribución correspondientes, y terminarán en un conmutador inversor automático situado cerca de la bomba de los rociadores. Este conmutador permitirá el suministro de energía desde el cuadro principal mientras se disponga de dicha energía, y estará proyectado de modo que, si falla ese suministro, cambie automáticamente al proce-

dente del cuadro de emergencia. Los conmutadores de los cuadros principales y de emergencia serán claramente designados por placas indicadoras y estarán normalmente cerrados. No se permitirá ningún otro conmutador en estos alimentadores. Una de las fuentes de suministro de energía para el sistema de alarma y detección será una fuente de emergencia. Si una de las fuentes de energía para accionar la bomba es un motor de combustión interna éste, además de cumplir lo dispuesto en el párrafo 2.4.3, estará situado de modo que un incendio en un espacio protegido no dificulte el suministro de aire.

### 2.2.2 Buques de carga

Habrà por lo menos dos fuentes de suministro de energía para la bomba de agua de mar y el sistema fijo de detección de incendios y de alarma. Si la bomba es de accionamiento eléctrico, estará conectada a la fuente de energía eléctrica principal, que podrá estar alimentada, como mínimo, por dos generadores. Los alimentadores no atravesarán cocinas, espacios de máquinas ni otros espacios cerrados que presenten un elevado riesgo de incendio, salvo en la medida en que sea necesario para llegar a los cuadros de distribución correspondientes. Una de las fuentes de suministro de energía para el sistema de alarma y detección será una fuente de emergencia. Si una de las fuentes de energía para accionar la bomba es un motor de combustión interna éste, además de cumplir lo dispuesto en el párrafo 2.4.3, estará situado de modo que un incendio en un espacio protegido no dificulte el suministro de aire.

## 2.3 Prescripciones relativas a los componentes

### 2.3.1 Rociadores

2.3.1.1 Los rociadores serán resistentes a la corrosión del aire marino. En los espacios de alojamiento y de servicio empezarán a funcionar cuando se alcance una temperatura comprendida entre 68°C y 79°C, pero en los lugares tales como cuartos de secado, en los que cabe esperar una alta temperatura ambiente, la temperatura a la cual empezarán a funcionar los rociadores se podrá aumentar hasta 30°C por encima de la máxima prevista para la parte superior del local de que se trate.

2.3.1.2 Se proveerán cabezales rociadores de respeto para todos los tipos y regímenes que haya instalados en el buque, según se indica a continuación:

Cantidad total de cabezales	Número de cabezales de respeto
<300	6
de 300 a 1000	12
>1000	24

El número de cabezales rociadores de respeto de cualquier tipo no excederá del número instalado correspondiente a ese tipo.

### 2.3.2 Tanques de presión

2.3.2.1 Se instalará un tanque de presión que tenga como mínimo un volumen igual al doble de la carga de agua especificada en el presente párrafo. Dicho tanque contendrá permanentemente una carga de agua dulce equivalente a la que descargaría en un minuto la bomba indicada en el párrafo 2.3.3.2, y la instalación será tal que en el tanque se mantenga una presión de aire suficiente para asegurar que, cuando se haya utilizado el agua dulce almacenada en él, la presión no sea menor en el sistema que la presión de trabajo del rociador más la presión ejercida por una columna de agua medida desde el fondo del tanque hasta el rociador más alto del sistema. Existirán medios adecuados para reponer el aire a presión y la carga de agua dulce del tanque. Se instalará un indicador de nivel, de vidrio, que muestre el nivel correcto del agua en el tanque.

2.3.2.2 Se proveerán medios que impidan la entrada de agua de mar en el tanque.

### 2.3.3 Bombas de los rociadores

2.3.3.1 Se instalará una bomba motorizada independiente, destinada exclusivamente a mantener automáticamente la descarga continua de agua de los rociadores. La bomba comenzará a funcionar automáticamente al producirse un descenso de presión en el sistema, antes de que la carga permanente de agua dulce del tanque a presión se haya agotado completamente.

2.3.3.2 La bomba y el sistema de tuberías tendrán la capacidad adecuada para mantener la presión necesaria al nivel del rociador más alto, de modo que se asegure un suministro continuo de agua en cantidad suficiente para cubrir un área mínima de 280 m<sup>2</sup> al régimen de aplicación especificado en el párrafo 2.5.2.3. Habrá que confirmar la capacidad hidráulica del sistema mediante un examen de los cálculos hidráulicos y, acto seguido, una prueba del sistema, si la Administración lo juzga necesario.

2.3.3.3 La bomba tendrá en el lado de descarga una válvula de prueba con un tubo corto de extremo abierto. El área efectiva de la sección de la válvula y del tubo permitirá la descarga del caudal prescrito de la bomba, sin que cese la presión del sistema especificada en el párrafo 2.3.2.1.

## 2.4 Prescripciones relativas a la instalación

### 2.4.1 Generalidades

Toda parte del sistema que durante el servicio pueda ser sometida a temperaturas de congelación estará adecuadamente protegida.

### 2.4.2 Disposición de las tuberías

2.4.2.1 Los rociadores estarán agrupados en secciones separadas, con un máximo de 200 rociadores por sección. En los buques de pasaje ninguna sección de rociadores servirá a más de dos cubiertas ni estará situada en más de una zona vertical principal. No obstante, la Administración podrá permitir que la misma sección de rociadores sirva a más de dos cubiertas o esté situada en más de una zona vertical principal si estima que con ello no se reduce la protección contra incendios del buque.

2.4.2.2 Cada sección de rociadores será susceptible de quedar aislada mediante una sola válvula de cierre. La válvula de cierre de cada sección será fácilmente accesible, y estará situada fuera de la sección conexas o en taquillas ubicadas en los troncos de escalera, y su ubicación estará indica-

da de modo claro y permanente. Se dispondrá de los medios necesarios para impedir el accionamiento de las válvulas de cierre por personas no autorizadas.

2.4.2.3 Se dispondrá de una válvula de prueba para comprobar la alarma automática de cada sección de rociadores descargando una cantidad de agua equivalente a la de un rociador en funcionamiento. La válvula de prueba de cada sección estará situada cerca de la de cierre de esa sección.

2.4.2.4 El sistema de rociadores estará conectado al colector contra incendios del buque por medio de una válvula de retención con cierre de rosca, colocada en la conexión, que impida el retorno del agua desde el sistema hacia el colector.

2.4.2.5 En la válvula de cierre de cada sección y en un puesto central se instalará un manómetro que indique la presión del sistema.

2.4.2.6 La toma de agua de mar de la bomba estará situada, siempre que sea posible, en el mismo espacio que la bomba y dispuesta de modo que cuando el buque esté a flote no sea necesario cortar el abastecimiento de agua de mar para la bomba, como no sea a fines de inspección o reparación de ésta.

### 2.4.3 Emplazamiento de los sistemas

La bomba de los rociadores y el tanque correspondiente estarán situados en un lugar suficientemente alejado de cualquier espacio de máquinas de categoría A y fuera de todo espacio que haya de estar protegido por el sistema de rociadores.

## 2.5 Prescripciones relativas al control del sistema

### 2.5.1 Disponibilidad

2.5.1.1 Todo sistema automático de rociadores, detección de incendios y alarma contra incendios prescrito podrá entrar en acción en cualquier momento sin necesidad de que la tripulación lo ponga en funcionamiento.

2.5.1.2 Se mantendrá el sistema automático de rociadores a la presión necesaria y se tomarán las medidas que aseguren un suministro continuo de agua, tal como se prescribe en el presente capítulo.

### 2.5.2 Alarma e indicadores

2.5.2.1 Cada sección de rociadores contará con los medios necesarios para dar automáticamente señales de alarma visuales y acústicas en uno o más indicadores cuando un rociador entre en acción. Los sistemas de alarma serán tales que indiquen cualquier fallo producido en el sistema. Dichos indicadores señalarán en qué sección servida por el sistema se ha declarado el incendio, y estarán centralizados en el puente de navegación o en el puesto central de control con dotación permanente, y además, se instalará también un indicador que dé alarmas visuales y acústicas en un punto que no se encuentre en los espacios antedichos, a fin de asegurar que la señal de incendio es recibida inmediatamente por la tripulación.

2.5.2.2 En el emplazamiento correspondiente a uno de los indicadores mencionados en el párrafo 2.5.2.1 habrá interruptores para comprobar la alarma y los indicadores de cada sección de rociadores.

2.5.2.3 Los rociadores irán colocados en la parte superior y espaciados según una disposición apropiada para mantener un régimen medio de aplicación de 5 l/m<sup>2</sup>/min., como mínimo, sobre

el área nominal de la zona protegida. Sin embargo, la Administración podrá permitir el uso de rociadores cuyo caudal de agua, siendo distinto, esté distribuido de modo que a su juicio no sea menos eficaz.

2.5.2.4 Junto a cada indicador habrá una lista o un plano que muestre los espacios protegidos y la posición de la zona con respecto a cada sección. Se dispondrá de instrucciones adecuadas para las pruebas y operaciones de mantenimiento.

#### 2.5.3 Pruebas

Se proveerán medios para comprobar el funcionamiento automático de la bomba si se produce un descenso en la presión del sistema.

## **CAPÍTULO 9 - SISTEMAS FIJOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS Y DE ALARMA CONTRA INCENDIOS**

### 1 Ámbito de aplicación

El presente capítulo establece las especificaciones de los sistemas fijos de detección de incendios y de alarma contra incendios prescritos en el capítulo II-2 del Convenio.

### 2 Especificaciones técnicas

#### 2.1 Prescripciones generales

2.1.1 Cuando se haya prescrito un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contra incendios provisto de avisadores de accionamiento manual, dicho sistema estará en condiciones de funcionar inmediatamente en cualquier momento.

2.1.2 El sistema fijo de detección de incendios y de alarma contra incendios no se utilizará para ningún otro fin, pero podrá permitirse el cierre de puertas contra incendios o funciones análogas desde el cuadro de control.

2.1.3 El sistema y el equipo estarán proyectados de modo que resistan las variaciones de tensión y corrientes transitorias, los cambios de temperatura ambiente, las vibraciones, la humedad, los choques, los golpes y la corrosión que normalmente se dan a bordo de los buques.

#### 2.1.4 Dispositivo de localización de zona

Los sistemas fijos de detección de incendios y de alarma contra incendios dotados de dispositivos de localización de zona estarán dispuestos de modo que:

- .1 se provean medios que garanticen que cualquier avería (por ejemplo, un fallo de energía, un corto circuito, una puesta a tierra) que ocurra en un bucle no deje a todo el bucle fuera de servicio;
- .2 dispongan de todos los medios necesarios que permitan restablecer la configuración inicial del sistema en caso de fallo (por ej. eléctrico, electrónico, informático, etc.);
- .3 la primera alarma contra incendios que se produzca no impida que otro detector inicie nuevas alarmas contra incendios;
- .4 un bucle no atraviese dos veces un mismo espacio. Cuando ello no sea posible (por ejemplo, en espacios públicos de grandes dimensiones), la parte del bucle que tenga que atravesar por segunda vez un espacio estará instalada a la mayor distancia posible de las demás partes del mismo bucle.

## 2.2 Fuentes de suministro de energía

El equipo eléctrico que se utilice para hacer funcionar el sistema de detección de incendios y de alarma contra incendios tendrá al menos dos fuentes de suministro de energía, una de las cuales será de emergencia. Para el suministro de energía habrá alimentadores distintos, destinados exclusivamente a este fin. Estos alimentadores llegarán hasta un conmutador inversor automático situado en el cuadro de control correspondiente al sistema de detección o junto al mismo.

## 2.3 Prescripciones relativas a los componentes

### 2.3.1 Detectores

2.3.1.1 Los detectores entrarán en acción por efecto del calor, el humo u otros productos de la combustión, o cualquier combinación de estos factores. Los detectores accionados por otros factores que indiquen un comienzo de incendio podrán ser tomados en consideración por la Administración, a condición de que no sean menos sensibles que aquéllos. Los detectores de llamas sólo se utilizarán como complemento de los detectores de humo o de calor.

2.3.1.2 Se certificará que los detectores de humo prescritos para todas las escaleras, corredores y vías de evacuación de los espacios de alojamiento comienzan a funcionar antes de que la densidad del humo exceda del 12,5% de oscurecimiento por metro, pero no hasta que haya excedido del 2%. Los detectores de humo que se instalen en otros espacios funcionarán dentro de unos límites de sensibilidad que sean satisfactorios a juicio de la Administración, teniendo en cuenta la necesidad de evitar tanto la insensibilidad como la sensibilidad excesiva de los detectores.

2.3.1.3 Se certificará que los detectores de calor comienzan a funcionar antes de que la temperatura exceda de 78°C, pero no hasta que haya excedido de 54°C, cuando la temperatura se eleve a esos límites a razón de menos de 1°C por minuto. A regímenes superiores de elevación de la temperatura, el detector de calor entrará en acción dentro de los límites de temperatura que sean satisfactorios a juicio de la Administración, teniendo en cuenta la necesidad de evitar tanto la insensibilidad como la sensibilidad excesiva de los detectores.

2.3.1.4 En los espacios de secado y análogos cuya temperatura ambiente sea normalmente alta, la temperatura de funcionamiento de los detectores de calor podrá ser de hasta 130°C, y de hasta 140°C en las saunas.

2.3.1.5 Todos los detectores serán de un tipo tal que se pueda comprobar su correcto funcionamiento y dejarlos de nuevo en su posición normal de detección sin cambiar ningún componente.

## 2.4 Prescripciones relativas a la instalación

### 2.4.1 Secciones

2.4.1.1 Los detectores y avisadores de accionamiento manual estarán agrupados por secciones.

2.4.1.2 Una sección de detectores de incendios que dé servicio a un puesto de control, un espacio de servicio o un espacio de alojamiento, no comprenderá un espacio de categoría A para máquinas. En los sistemas fijos de detección de incendios y de alarma contra incendios provistos de detectores que puedan ser identificados individualmente por telemando, un bucle que abarque secciones de detectores de incendios en espacios de alojamiento, de servicio y puestos de control, no contendrá secciones de detectores de incendios de los espacios de máquinas de categoría A.

2.4.1.3 Cuando el sistema de detección de incendios no cuente con medios de identificación individual por telemando de cada detector, no se autorizará normalmente que ninguna sección que dé servicio a más de una cubierta esté instalada en espacios de alojamiento o de servicio ni en puestos de control, salvo cuando dicha sección comprenda una escalera cerrada. A fin de evitar retrasos en la identificación del foco del incendio, el número de espacios cerrados que comprenda cada sección estará limitado según determine

la Administración. En ningún caso se autorizará que en una sección cualquiera haya más de 50 espacios cerrados. Si el sistema está provisto de detectores de incendio que puedan identificarse individualmente por telemando, las secciones pueden abarcar varias cubiertas y dar servicio a cualquier número de espacios cerrados.

2.4.1.4 En los buques de pasaje, cuando no haya un sistema fijo de detección de incendios y de alarma contraincendios por telemando que permita identificar individualmente cada detector, ninguna sección de detectores dará servicio a espacios situados en ambas bandas ni en más de una cubierta, ni tampoco estará instalada en más de una zona vertical principal. No obstante, la misma sección de detectores podrá dar servicio a espacios en más de una cubierta si tales espacios están situados en el extremo proel o popel del buque o están dispuestos de manera que protejan espacios comunes en distintas cubiertas (por ejemplo, cámaras de ventiladores, cocinas, espacios públicos, etc.). En buques de manga inferior a 20 m, la misma sección de detectores podrá dar servicio a espacios situados en ambas bandas del buque. En los buques de pasaje provistos de detectores de incendios identificables individualmente, una misma sección puede dar servicio a espacios situados en ambas bandas y en varias cubiertas, pero no abarcará más de una zona vertical principal.

#### 2.4.2 Disposición de los detectores

2.4.2.1 Los detectores estarán situados de modo que funcionen con una eficacia óptima. Se evitará colocarlos próximos a baos o conductos de ventilación o en otros puntos en que la circulación del aire pueda influir desfavorablemente en su eficacia o donde estén expuestos a recibir golpes o a sufrir daños. Los detectores colocados en posiciones elevadas quedarán a una distancia mínima de 0,5 m de los mamparos, salvo en pasillos, taquillas y escaleras.

2.4.2.2 La separación máxima entre los detectores será la indicada en el siguiente cuadro:

Cuadro 9.1 - Separación entre detectores

<b>Tipo de detector</b>	<b>Superficie máxima de piso por detector</b>	<b>Distancia máxima entre centros</b>	<b>Distancia máxima respecto de los mamparos</b>
Calor	37 m <sup>2</sup>	9 m	4,5 m
Humo	74 m <sup>2</sup>	11 m	5,5 m

La Administración podrá prescribir o autorizar separaciones distintas de las especificadas en el cuadro anterior si están basadas en datos de pruebas que determinen las características de los detectores.

#### 2.4.3 Disposición de la instalación eléctrica

2.4.3.1 Los cables eléctricos que formen parte del sistema estarán tendidos de modo que no atraviesen cocinas, espacios de máquinas de categoría A ni otros espacios cerrados que presen-

ten un elevado riesgo de incendio, salvo cuando sea necesario disponer en ellos de medios de detección de incendios o de alarma contraincendios o efectuar conexiones con la fuente de energía apropiada.

2.4.3.2 Un bucle de los sistemas de detección de incendios con dispositivo de localización de zona no deberá ser dañado por un incendio en más de un punto.

## 2.5 Prescripciones relativas al control del sistema

### 2.5.1 Señales de incendio visuales y acústicas (\*)

2.5.1.1 La activación de uno cualquiera de los detectores o avisadores de accionamiento manual iniciará una señal de incendio visual y acústica en el cuadro de control y en los indicadores. Si las señales no han sido atendidas al cabo de dos minutos, sonará automáticamente una señal de alarma en todos los espacios de alojamiento y de servicio de la tripulación, puestos de control y espacios de máquinas de categoría A. No es necesario que este sistema de alarma sonora sea parte integrante del sistema de detección.

2.5.1.2 El cuadro de control estará situado en el puente de navegación o en el puesto principal de control con dotación permanente.

2.5.1.3 Los indicadores señalarán, como mínimo, la sección en la que haya entrado en acción un detector o un puesto de llamada de accionamiento manual. Al menos un indicador estará situado de modo que sea fácilmente accesible en todo momento para los tripulantes responsables. Si el cuadro de control se encuentra en el puesto principal de control contraincendios, habrá un indicador situado en el puente de navegación.

2.5.1.4 En cada indicador o a proximidad del mismo habrá información clara que indique los espacios protegidos y el emplazamiento de las secciones.

2.5.1.5 Las fuentes de energía y los circuitos eléctricos necesarios para que funcione el sistema estarán sometidos a vigilancia a fin de detectar pérdidas de energía o fallos, según proceda. Si se produce un fallo, en el cuadro de control se iniciará una señal visual y acústica de fallo, distinta de la señal de incendio.

### 2.5.2 Pruebas

Se dispondrá de instrucciones adecuadas y de componentes de respeto para las pruebas y operaciones de mantenimiento.

## Bibliografía

---

- Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar. SOLAS

Edición refundida, 2004.

- Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendio, SSCI

Organización Marítima Internacional, OMI.

- MSCR/ Circ.

- Normativa NFPA, National Fire Protection Association

[www.nfpa.org](http://www.nfpa.org)

- Archivos de ingeniería de Navantia, Puerto Real

- Lucha contra incendios a bordo

Autores: Ricard Mari Sagarra

Enrique González Pino

- Aparatos y servicio auxiliares.

Escuela naval militar, Marín.

- Mecánica de fluidos aplicada.

Autor: Robert L. Mott

- Apuntes de asignatura: Sistemas auxiliares del buque.

González Tirado, Rafael

- Técnica de Prevención de Riesgos Laborales.

Autor: José María Cortés Díaz

- Manual de seguridad contra incendios

Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales, Barcelona.

- Seguritecna, [www.borrmart.es](http://www.borrmart.es)

- [www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)

- [www.grupoincendios.com](http://www.grupoincendios.com)

- [www.estrucplan.com.ar](http://www.estrucplan.com.ar)

## Fotografías

---



*A mí Padre,  
Caballos de Hierro surcarán los mares buscándote en el infinito.*

