



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio de requerimientos y diseño de instalaciones de protección
contra incendios en el B-E "Juan Sebastián de Elcano"*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Jorge Zea de Agustín

DIRECTORES: Roberto Bellas Rivera

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio de requerimientos y diseño de instalaciones de protección
contra incendios en el B-E "Juan Sebastián de Elcano"*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_deVigo

RESUMEN

El presente trabajo consiste en la realización de un estudio sobre la normativa de seguridad contra incendios que afecta a un buque tan singular como el Buque Escuela Juan Sebastián Elcano.

Entre las normas a analizar se encuentra la NATO Naval Ship Code, IMO-SOLAS (incluyendo normas IMO-Msc agrupadas en el Fire Safety Systems Code) y por último las Reglas de Sociedades de Clasificación como Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd. Teniendo en cuenta estas normas se ha elaborado un listado de requisitos que se debe cumplir.

Posteriormente, se han evaluado las posibles soluciones para el cumplimiento de los requerimientos, considerando aspectos dimensionales, facilidad de mantenimiento y costes globales.

Una vez seleccionadas las soluciones óptimas, se ha llevado a cabo su diseño y cálculo de las instalaciones de protección contra incendios que cumplan los requisitos anteriores y por último se han realizado los planos esquemáticos de disposición general de los medios contra incendios: ubicación de equipos, detección de incendios, tubería de agua y/o gas.

PALABRAS CLAVE

ELCANO, CONTRA INCENDIOS, INSTALACIONES, SEGURIDAD, SOLAS

AGRADECIMIENTOS

A la primera persona que se lo quiero agradecer es a mi tutor Roberto Bellas, que sin su entrega incondicional y conocimiento no hubiese sido posible realizar este proyecto.

En segunda lugar al Centro Universitario de la Defensa y a la Escuela Naval Militar por haberme dado la oportunidad de completar con garantías mi formación como futuro oficial de la Armada Española.

De manera más personal, me gustaría agradecer a mi familia todo el apoyo que he recibido por su parte durante mi estancia en la Escuela Naval militar. Mención especial a mi madre que siempre estuvo pendiente de como transcurría el trabajo de fin de grado.

Por otra parte, también quería agradecerle al T.N. Pérez Yusty por su entera disponibilidad a la hora de facilitarme información acerca del B-E Juan Sebastián Elcano.

Por último, a mis compañeros de toda la vida y también a mis compañeros de camarera con los que he compartido grandes momentos durante mucho tiempo y que han supuesto un apoyo fundamental en los momentos difíciles.

Contenido

Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	6
1.1 Introducción	6
1.2 Objetivos del TFG.....	7
1.3 Metodología:	7
1.4 Juan Sebastián Elcano	8
2 ESTADO DEL ARTE	9
2.1 Definiciones básicas.....	9
2.2 Elementos del fuego.....	10
2.3 Clases y tipos de fuegos:	11
2.4 Teoría de la extinción de incendios.....	12
2.5 Sistemas de contraincendios en los buques.....	13
2.5.1 Sistemas fijos de extinción de incendios	13
2.5.2 Equipos semi-portátiles de extinción.....	24
2.5.3 Extintores portátiles de contraincendios	27
2.6 Sistema de contraincendios actual a bordo del Juan Sebastián Elcano.....	31
2.6.1 Sistemas contra incendios:	32
2.6.2 Estaciones fijas de inundación por CO ₂	32
2.6.3 Material portátil de C.I.	35
3 DESARROLLO DEL TFG.	38
3.1 Resumen de requerimientos de la normativa existente sobre seguridad.....	38
3.1.1 Cableado eléctrico.	38
3.1.2 Sistemas de seguridad en los buques	39
3.1.3 Protección contra incendios y equipos de extinción de incendios.....	39
3.1.4 Sistema general de contraincendios.....	39
3.2 Resumen de requisitos de medios de protección C.I.	46
3.3 Diseño y cálculo de los sistemas de protección C.I.	46
3.3.1 Cálculo del Sistema General de Contraincendios (Agua Salada).....	47
3.3.2 Sistema de protección por rociadores y boquillas de agua	51
3.3.3 Sistemas de extinción por gases	67

3.3.4 Sistema de protección por CO ₂	67
3.3.5 Sistema de protección por gas Novec en cámara de máquinas	68
4 RESULTADOS	75
4.1 Sistema general de agua contraincendios.....	75
4.2 Rociadores en acomodación.....	75
4.3 Extinción de incendios en máquinas y otros espacios	76
4.3.1 Extinción por gas CO ₂	76
4.3.2 Extinción por gas Novec.....	76
4.3.3 Extinción de incendios por agua pulverizada	76
4.4 Planos generales de medios de seguridad y sistemas contraincendios.	77
5 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS	78
5.1 Conclusiones	78
5.2 Líneas futuras	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Buque escuela Juan Sebastián Elcano [4].....	8
Figura 1-2 SS.MM. los Reyes en la E.N.M [5].....	8
Figura 2-1 Triangulo del fuego [7].....	10
Figura 2-2 Formas de transmisión del calor [7]	11
Figura 2-3 Extinción por enfriamiento [7]	12
Figura 2-4 Extinción por separación del agente oxidante y el combustible. [7]	12
Figura 2-5 Secuencia de rotura de un detector de ampolla [8].....	15
Figura 2-6 Elementos de un rociador de fusible [8].....	15
Figura 2-7 Boquillas abiertas de baja presión y factor K=6 [8]	18
Figura 2-8 Boquillas cerradas para acomodación, baja presión y factor K=14 [8].....	18
Figura 2-9 Grupo de bombeo con 6 válvulas de distribución a riesgos [8].....	19
Figura 2-10 Batería de cilindros de agua presurizada con N2 a alta presión [8]	20
Figura 2-11 Batería de botellas de CO2 [7]	21
Figura 2-12 Aplicación de espuma de media expansión con una lanza de espuma M-2 [7]	23
Figura 2-13 Aplicación de espuma de alta expansión con un Compact Excel. [7].....	24
Figura 2-14 Manguera contra incendios [7]	25
Figura 2-15 Lanza Universal [7]	26
Figura 2-16 Lanza de cono hueco [7].....	27
Figura 2-17 Lanza de cono lleno [7]	27
Figura 2-18 Extintor portátil de dióxido de carbono [7]	28
Figura 2-19 Secuencia empleo extintor de CO2. [7].....	29
Figura 2-20 Extintor portátil de polvo seco [7].....	30
Figura 2-21 Extintor portatil de agua [7].....	31
Figura 2-22 Lanza F225 [9].....	35
Figura 2-23 Lanza M-2 [9]	36
Figura 2-24 Proporcionador Z-2 [9]	36
Figura 2-25 Excel en modo generador espuma [9]	36
Figura 2-26 Excel en modo extractor de humos [9].....	37
Figura 3-1 Ley de Pascal [11]	52
Figura 3-2 Presión independiente del tamaño o forma recipiente [11]	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Concentraciones de CO ₂ en función del material en combustión [7]	22
Tabla 2 Bombas contraincendios según el tipo de buque [10].....	40
Tabla 3 Presión de descarga de las boquillas [10].....	41
Tabla 4 Tipos de fuegos [10].....	43
Tabla 5 Requisitos medios de protección C.I.....	46
Tabla 6 Datos de entrada de diseño.....	47
Tabla 7 Factor K de diferentes boquillas [12].....	55
Tabla 8 Valores de la constante C [12]	56
Tabla 9 Caudales según norma EN 12845 [12].....	57
Tabla 10 Extinción por CO ₂	67
Tabla 11 espacios protegidos por NOVEC 1230	68
Tabla 12 NOVEC Cámara de máquinas.....	69
Tabla 13 NOVEC Cabina de control.....	71
Tabla 14 NOVEC Cámara de auxiliares	72
Tabla 15 NOVEC Pañol de munición	73
Tabla 16 Resumen de los cálculos de los sistemas contraincendios	77
Tabla 17 Bombas contraincendios según el tipo de buque [10].....	86
Tabla 18 Presión de descarga de las boquillas [10].....	88
Tabla 19 Tipos de fuegos [10].....	90
Tabla 20 Número y distribución extintores [10]	92

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

Desde tiempos remotos, una de los accidentes más temidos por la tripulación de un buque es un incendio a bordo. Cuando los buques eran de madera y carecían de medios de protección contra incendios efectivos, la mayoría de los incendios suponían la pérdida del buque y de vidas humanas.

En los últimos dos siglos, con la introducción del acero para la construcción de buques y el perfeccionamiento de los medios de bombeo de agua, la probabilidad de combatir con éxito un incendio aumentó de manera considerable.

A principios del Siglo XX y como consecuencia del hundimiento del Titanic y otros siniestros, se celebró la primera Convención Internacional para la Seguridad de la Vida en la Mar, International Convention for Safety of Life at Sea (SOLAS), que en sus sucesivas convocatorias especifica una serie de normas para mejorar la seguridad de los buques. [1]

Un papel muy importante a la hora de aumentar los requisitos de seguridad en los buques es el desempeñado por las Sociedades Clasificadoras de Buques IACS [2] , que tienen su origen en el primer registro de buques realizado en el año 1760 gracias a un pago anual de suscripción por parte de comerciantes y aseguradores marítimos que se reunían a diario en el Lloyd's Coffe House de Londres [3]

En las últimas décadas los medios de seguridad y protección contra incendios en buques han alcanzado un alto grado de desarrollo y las tripulaciones reciben formación y realizan simulacros en los que se preparan de forma adecuada para combatir un incendio.

Los buques que cumplen las normas de seguridad de la autoridad de bandera y las IACS tienen grandes probabilidades de sobreponerse a un incendio, en cambio aquellos que no cumplen las normas, evitando hacer los mantenimientos de equipos y formación de las tripulaciones a menudo acaban perdiendo el buque y gran número de vidas, así lo atestiguan numerosos sucesos documentados e investigados de forma exhaustiva por la IMO y las IACS.

1.2 Objetivos del TFG

Los objetivos del TFG son entre otros:

- Estudio de la normativa de seguridad contra incendios que afecta a un buque de características singulares como es el Buque Escuela J.S.Elcano, elaborando un listado de requisitos a cumplir.
- Diseño y cálculo de instalaciones y medios contraincendios (CI) necesarios
- Realización de planos de medios CI del buque.

1.3 Metodología:

La metodología seguida para elaborar el TFG ha sido la siguiente:

- Estudio de normativa que afecta a la seguridad marítima: NATO Naval Ship Code, IMO-SOLAS (incluyendo normas IMO-Msc), Fire Safety Systems Code, Reglas de Sociedades de Clasificación como Det Norske Veritas- Germanisher Lloyd's.
- Realización de listas y tablas para resumir los requisitos necesarios a cumplir
- Recopilación de información de medios CI existentes en el JS Elcano, gracias a documentación existente de la Armada: I-CP-01 Técnicas y materiales de contraincendios y Libro de Información General del Servicio de Maquinas.
- Diseño y cálculo de instalaciones siguiendo los requisitos de las normas anteriores y ayudándose de programas informáticos específicos para cálculo de pérdidas de presión en redes de tuberías de agua y gas CI
- Elaboración de planos de Disposición General con los medios CI mediante software de diseño AutoCAD.

1.4 Juan Sebastián Elcano

El Buque-Escuela Juan Sebastián Elcano (A-71), es el barco más emblemático de la Armada Española y, es el encargado desde sus inicios de la formación de los futuros oficiales de la Armada en diversas materias del ámbito científico y mariner. Es el quinto buque destinado a tal fin y recibe su nombre del explorador español homónimo que fue la primera persona en dar la vuelta al mundo.



Figura 1-1 Buque escuela Juan Sebastián Elcano [4]

Fue construido en los astilleros Echevarrieta y Larrinaga en la provincia de Cádiz, y botado a la mar el 5 de Marzo de 1927, siendo al año siguiente en el que realizaría su primer crucero de Instrucción. Por sus cubiertas han pasado todos los actuales oficiales de la Armada, incluyendo miembros de la casa Real desde hace 4 generaciones. Siendo su viaje inaugural honrado con la presencia del monarca Alfonso XIII. Destacan también los cruceros XXX con la presencia del Rey Juan Carlos I, y el LVIII del Rey Felipe VI.



Figura 1-2 SS.MM. los Reyes en la E.N.M [5]

Actualmente se han realizado un total de 86 cruceros, estando en este momento llevándose a cabo el LXXXVII. El buque ha visitado más de 70 países, circunnavegado el globo en diez ocasiones, dejando tras de sí ya más de dos millones de millas recorridas. Interrumpiéndose solamente debido a la Guerra Civil desde 1937 hasta 1939 y en 1956 y 1978 por grandes obras de acondicionamiento. [6]

2 ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se enumerarán y explicarán los diferentes medios existentes para la extinción de incendios a bordo de un buque.

En primer lugar se definirán unos conceptos básicos acerca de ciertas propiedades físicas del fuego, los elementos que lo componen, las formas de transmisión de calor, las clases y tipos de fuego.

2.1 Definiciones básicas.

- **Temperatura o punto de inflamación.** Es aquella a la que un combustible empieza a emitir vapores suficientes para que, en presencia de oxígeno, formen una mezcla inflamable cerca de la superficie del combustible que, en presencia de una llama, produce una pequeña explosión y se apaga.
- **Temperatura o punto de combustión.** Es aquella a la que los vapores de un combustible, en presencia de oxígeno, arden al ponerse en contacto con una fuente de calor (llama, chispa, etc.) y continúan ardiendo.
- **Temperatura o punto de auto-ignición.** Es aquella a la cual arden espontáneamente los vapores de un combustible en presencia del oxígeno.
- **Principio de la combustión.** Puede definirse la combustión como una oxidación rápida con desprendimiento de luz y calor. El conocimiento de las condiciones que determinan si la combustión de una sustancia puede tener lugar es esencial para comprender los principios de prevención, control y extinción de incendios. [7]

2.2 Elementos del fuego.

El fuego, como toda reacción química, necesita de unos elementos primarios imprescindibles: combustible, comburente y calor.

- **Combustible.** Cualquier sustancia sólida, líquida o gaseosa que en presencia de un agente oxidante, a una temperatura determinada, produce vapores capaces de arder o sufrir una oxidación rápida.
- **Comburente.** Es aquel elemento que permite la activación de la combustión cuando tenemos el combustible con la temperatura adecuada. Para que pueda producirse el fuego es preciso que exista una mezcla entre los vapores o gases combustibles y el comburente. Como comburente típico se considera el oxígeno.
- **Calor.** Es una forma de energía. Se produce por la fricción ocasionada por el movimiento de las moléculas del cuerpo. Su transmisión es responsable del comienzo y extinción de la mayor parte de los incendios. Se transmite de unos cuerpos a otros, por la diferencia de temperatura entre estos, de tres formas: Conducción, Radiación y Convección.



Figura 2-1 Triángulo del fuego [7]

- **Conducción.** El calor de un cuerpo pasa a otro bien por contacto directo o bien a través de un medio conductor (sólido, líquido o gaseoso), situado en contacto con ambos. La cantidad de calor transferido por este método depende de la conductividad térmica de los materiales a través de los cuales pasa el calor, el área y espesor del medio conductor.
- **Radiación.** La energía de radiación es una forma del movimiento ondulatorio que se emite por distintas fuentes y puede variar su longitud de onda desde 10¹² cm hasta más de 10⁹ cm; la energía radiada viaja a la velocidad de la luz, y al llegar a un cuerpo, éste la absorbe, refleja o transmite.
- **Convección.** Se transmite por medio de un fluido en movimiento. El aire, al calentarse, aumenta de volumen y asciende; por esta razón, la transmisión del calor por convección sucede naturalmente en dirección ascendente, aunque la corriente de aire puede transmitir el calor en cualquier dirección. Así, el calor generado en una estufa se distribuye en una habitación al calentarse el aire y su circulación transmite el calor a los objetos distantes. [7]

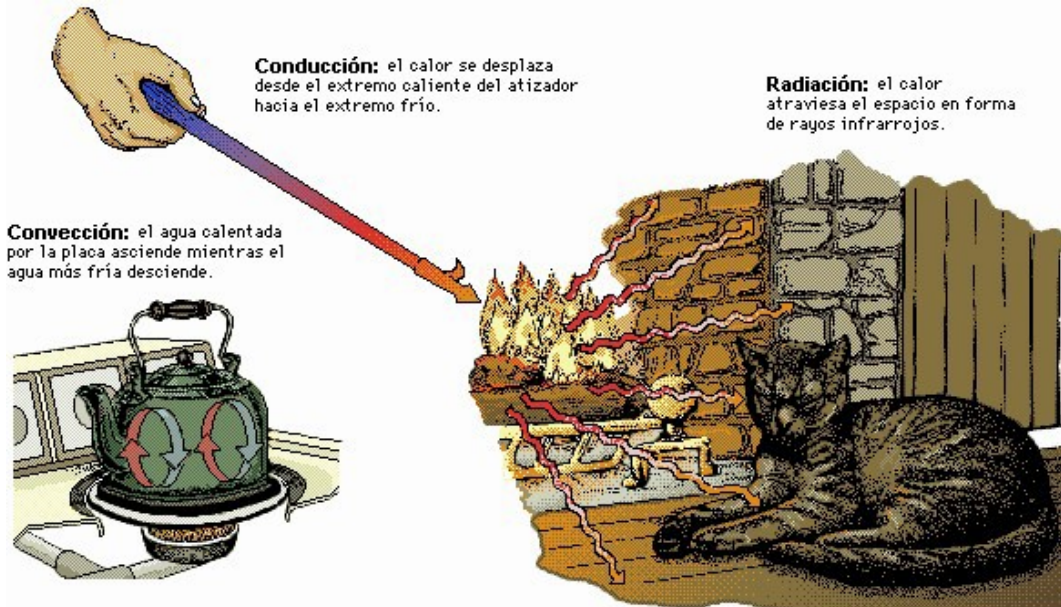


Figura 2-2 Formas de transmisión del calor [7]

2.3 Clases y tipos de fuegos:

- **Fuegos clase “A”.** Los producidos por materias sólidas combustibles que arden con producción de llamas y brasa, excepto metales (maderas, papel, paja, tejidos, carbón, neumáticos, etc.).
- **Fuegos clase “B”.** Los producidos por sustancias combustibles líquidas que se queman dando llamas (gasolina, fuel, aceites etc.) y sólidos (grasas, parafina, estearina etc.) que se queman en estado líquido.
- **Fuegos clase “C”.** Los producidos por sustancias que arden en estado gaseoso y a presión (metano, propano, butano, hidrógeno, etc.).
- **Fuegos clase “D”.** Los producidos por metales ligeros combustibles (aluminio, magnesio y sus aleaciones) excepto los alcalinos (Na, K.).
- **Fuegos clase “E”.** Los producidos en equipos e instalaciones eléctricas con tensión (motores, generadores, transformadores, etc.) o incendios clase “A”, “B”, “C” y “D” en presencia de equipos eléctricos con tensión.
- **Fuegos clase “F”.** Son los fuegos derivados de la utilización de productos para cocinar, como aceites y grasas animales o vegetales, en los aparatos de cocina. [7]

2.4 Teoría de la extinción de incendios

- **Extinción por enfriamiento.** Es el método más empleado y, en el caso de combustibles ordinarios, el más efectivo, ya que rebaja la temperatura del combustible, que, al enfriarse, disminuye la emisión de vapores combustibles a la zona de combustión, bajando la concentración de los mismos hasta lograr que el incendio se apague.



Figura 2-3 Extinción por enfriamiento [7]

- **Extinción por separación del agente oxidante del combustible.** Este tipo de extinción se efectúa por sofocación. Por este método, actúa la espuma. Cubre el combustible y, de este modo, impide su contacto con el oxígeno del aire. Esto provoca que se apague el incendio y que permanezca apagado, siempre que se mantenga el tiempo suficiente el agente extintor sobre el combustible.



Figura 2-4 Extinción por separación del agente oxidante y el combustible. [7]

- **Extinción por dilución.** El exceso de aire hace el efecto de diluir la concentración aire-combustible e incrementa la velocidad de movimiento de la misma, alejándola del combustible.
- **Supresión del combustible.** En incendios de líquidos miscibles en agua (por ejemplo, el alcohol), un método de extinción consiste en diluir el combustible hasta que su punto de inflamación alcance un valor en el que sea posible la extinción. El método más efectivo para apagar los incendios de gases es cortar el flujo de gas (ejemplo de extinción por supresión de combustible).

- **Extinción por medios químicos.** Investigaciones recientes sobre la teoría de la extinción por medios químicos atribuyen la efectividad de la extinción de los hidrocarburos halogenados y sales orgánicas a la reacción química del agente extintor con uno de los productos intermedios de la reacción en cadena que tiene lugar durante la combustión. [7]

2.5 Sistemas de contraincendios en los buques

Debido a su naturaleza y función los equipos contraincendios deben ser simples de operar y de construcción robusta para evitar deterioros que se puedan producir debido al ambiente marino.

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

- Sistemas Fijos de Extinción de Incendios.
- Equipos Semi-portátiles de Extinción.
- Extintores Portátiles de Extinción.

A continuación se resumen los requisitos que deben cumplir los sistemas contraincendios en los buques.

2.5.1 *Sistemas fijos de extinción de incendios*

2.5.1.1 Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

El Sistema General de Contraincendios está constituido básicamente por los elementos siguientes:

- Bomba Principal de Contraincendios
- Bomba de Emergencia de Contraincendios
- Red de Tuberías.
- Bocas de Contraincendios

2.5.1.1.1 Bombas de Contraincendios.

Se distinguen dos tipos: bomba principal de contraincendios y bomba de emergencia de contraincendios:

- Bomba Principal de Contraincendios

Una bomba contra incendios es una máquina que apoyada por un conjunto de dispositivos, permite el aporte de caudal y presión a un sistema de contra incendios.

La mayoría de las bombas de contraincendios son de tipo centrífugas.

Como característica importante citar que cada bomba contraincendios debe de ser capaz de suministrar suficiente agua para al menos dos boquillas de descarga de a bordo del buque de manera simultánea.

- Bomba de Emergencia de Contraincendios

En cuanto a las bombas de emergencia de contra incendios tienen que ser capaces de dar suministro suficiente a todas las partes del buque a través de dos hidrantes de forma simultánea y también poseer una capacidad no menor del 40% de la capacidad total que requiere las bombas principales de contra incendios.

La bomba de contra incendios de emergencia debe estar situada en un lugar donde no le afecte el humo ni el fuego que se pudiera producir en la zona donde está situada la bomba de contra incendios principal.

Todos los equipos eléctricos y de suministro de agua requeridos para la operación de la bomba de emergencia de contra incendios deben de ser independientes de la zona en la que están instalados los de la bomba principal de contra incendios.

2.5.1.1.2 Red de Tuberías

Conjunto de tuberías instaladas a lo largo de todo el buque, por donde transcurre el agua hasta alcanzar aquellos espacios que deben ser protegidos.

Las tuberías de acero deben de ser galvanizadas tanto por el interior como por el exterior.

Como característica importante mencionar que las válvulas de aislamiento independizan las tuberías correspondientes a los espacios de máquinas que incluyen la bomba principal de contra incendios. Los conductos de contra incendios deben de estar planeados de forma que cuando las válvulas de aislamiento de la sala de máquinas estén cerradas todos los hidrantes en el buque puedan estar alimentados por agua desde tuberías las cuales no tienen recirculación por la sala de máquinas. [8]

2.5.1.1.3 Lanzas de Agua Contra incendios

Por ellas se distribuye el chorro de agua que llega a través de las tuberías del sistema contra incendios.

En las salas de máquinas y en zonas exteriores, el tamaño de las lanzas deben ser de tal dimensión que se consiga la máxima descarga posible desde 2 lanzas a la presión estipulada desde la bomba de contra incendios más pequeña. [8]

2.5.1.2 Sistema de Rociadores (Sprinklers)

El rociador puede considerarse una boquilla fija de aspersion que funciona independientemente, generalmente mediante un detector térmico, aunque existen rociadores abiertos sin detector térmico que se accionan manualmente. Los rociadores descargan agua después de soltar una tapa o un tapón activado mediante un elemento termo-sensible. Existe un gran número de tipos y diseños de rociadores.

Los rociadores suelen identificarse según la temperatura para la cual está diseñado su funcionamiento. Esta temperatura suele indicarse con un código de color en los brazos del marco del rociador.

El Sistema Fijo de Rociadores está compuesto básicamente por los siguientes elementos.

- Rociadores (Sprinklers)
- Tanque a Presión
- Bomba de Rociadores.
- Tuberías

2.5.1.2.1 Rociadores

2.5.1.2.1.1 Componentes de un Rociador Automático

Los rociadores automáticos están compuestos por un cuerpo, deflector y elemento termo-sensible.

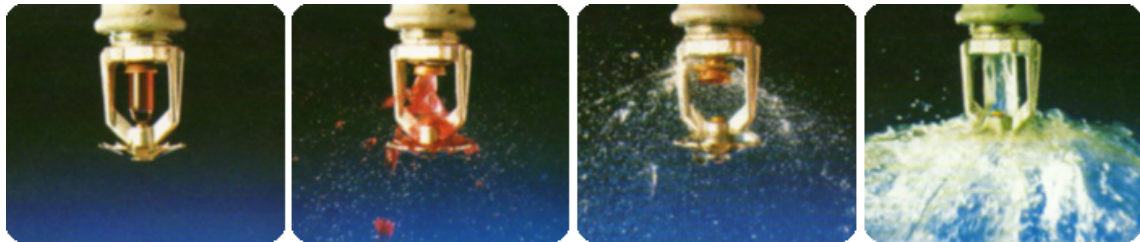


Figura 2-5 Secuencia de rotura de un detector de ampolla [8]

El deflector es un elemento sobre el que choca el chorro compactado de agua, disgregándolo en un chorro de agua pulverizado con una configuración determinada. El deflector convierte el chorro normal de aprox. 13mm (0,5 pulgadas) en agua pulverizada para lograr una extinción más eficaz.

El elemento termo-sensible es un componente sensible a una determinada temperatura a la cual pierde su estado de rigidez o de tensión, abriendo el orificio de salida de agua. Normalmente el tipo de rociador más utilizado es el rociador de ampolla frangible. [8]

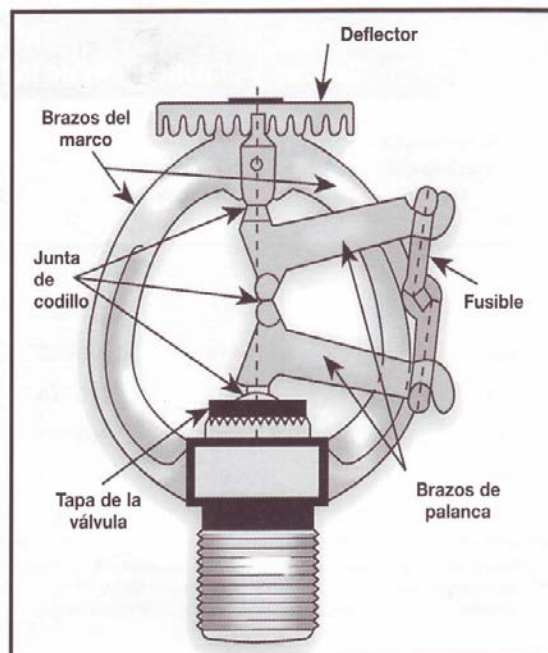


Figura 2-6 Elementos de un rociador de fusible [8]

2.5.1.2.1.2 Clasificación de los Rociadores Automáticos

- Según el tipo de sistema:
 - Rociadores cerrados o automáticos con elementos termo-sensibles.
 - Rociadores abiertos o pulverizadores, para sistemas de inundación total o diluvio, de agua pulverizada, sin elementos termo-sensibles y asociados a instalaciones de detección automática de incendios.
- Según la temperatura de tarado:

Según la temperatura a la que actúan, comprendida entre 57°C y 260°C, obtenida mediante pruebas normalizadas.
- Según el diámetro nominal del orificio:

La norma NFPA -13-1987 incluye cinco diámetros nominales, mientras que la norma UNE 23- 590-81 solo da tres diámetros. [8]

2.5.1.2.2 Tanques a Presión

El tanque de presión contiene una carga de agua dulce equivalente a la que descargaría en 1 minuto la bomba de los rociadores: La instalación mantiene 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. [8]

2.5.1.2.3 Bombas de Rociadores

Las bombas motorizadas deben ser independientes de otros servicios de agua, destinadas exclusivamente a mantener automáticamente la descarga continua de agua de los rociadores. Si el sistema es de tubería mojada, las bombas comenzarán a funcionar automáticamente al producirse un descenso de presión en el sistema. Si el sistema es de tubería seca, las bombas se arrancarán manualmente. [8]

2.5.1.2.4 Clasificación de los Sistemas

- De Tubería Mojada: en este sistema, las tuberías situadas antes y después de la válvula de control y alarma están llenas de agua a presión.

Cuando uno o varios rociadores se han abierto por el fuego, el agua que fluye levanta la válvula de control y alarma, destapando el orificio al que se conectan los circuitos de control y circulando el agua a través de la válvula de prueba. Cuando el flujo de agua es constante, la cámara de retardo se llena y el agua a presión pasa al motor de agua que hace sonar un gong de alarma y/o al presostato de alarma eléctrica, que da la señal a un timbre eléctrico de alarma.
- De Tubería Seca: en este sistema, la red de tuberías a partir de la válvula de control y alarma, está permanentemente llena de aire a presión. Cuando uno o más rociadores se han abierto por el fuego, se retira el aire a presión contenido en la red de tuberías, haciendo que se abra la válvula de control y alarma, dejando pasar el agua al sistema. [8]

2.5.1.2.5 Utilización de Rociadores Automáticos

Se emplean para:

- Detectar el incendio.
- Dar la alarma de fuego.
- Controlar o extinguir el incendio en los primeros instantes de su producción, descargando agua con un caudal, una presión y una configuración determinados, para el tipo de riesgo que se trata.

Estos sistemas se emplean en la protección de locales de acomodación comunes: pasillos, salones, comedores e incluso camarotes.

El sistema se debe utilizar cuando el rango de temperaturas fluctúe entre 68 y 79 grados centígrados. [8]

2.5.1.3 Sistema de Agua Pulverizada

Los sistemas fijos de extinción de incendios por agua pulverizada o nebulizada se diferencian básicamente en la presión, los de agua pulverizada trabajan a presiones entre 6 y 16 bares mientras que los de agua nebulizada trabajan a media o alta presión, entre 40 y 120 bares.

En ambos casos, están constituidos básicamente por los siguientes elementos:

- Difusores abiertos y cerrados. Toberas que se montan en las cabezas, con variedad de caudales y tamaños de gota.
- Grupo de bombeo compuesto varias bombas principales y de reserva.
- Botellas de alta presión para ser utilizadas en el primer minuto de extinción hasta que las bombas suministren presión a la red o durante toda la extinción si el sistema exige una pequeña cantidad de agua y no es necesario el grupo de bombeo.
- Válvulas Direccionales. [8]

2.5.1.3.1 Difusores Abiertos y Difusores Cerrados.

Los difusores abiertos son instalados en tuberías secas, donde es necesaria la instalación de un sistema de detección de incendios que detecte el fuego y controle el arranque de las electrobombas o disparo de las botellas, según sea uno u otro el sistema instalado.



Figura 2-7 Boquillas abiertas de baja presión y factor K=6 [8]

En el caso de difusores cerrados se instalarán en tuberías presurizadas con agua o gas dotadas de un bulbo térmico (fusible), que rompe a una temperatura prefijada y abre el difusor automáticamente. En este caso, no es necesaria la detección de incendios, pero si una bomba Jockey o gas que mantenga la presión de las tuberías entre 16 y 30 bar. [8]



Figura 2-8 Boquillas cerradas para acomodación, baja presión y factor K=14 [8]

2.5.1.3.2 Equipos de Bombeo

Las bombas más utilizadas en los sistemas de media baja y media presión son multicelulares mientras que en los sistemas de alta presión, son bombas de pistones.

En la mayoría de los casos las bombas son accionadas por motores eléctricos y para uso marino rara vez con motores diésel ya que los buques tienen generadores auxiliares y grupo de puerto que pueden generar la suficiente energía eléctrica para accionar las bombas CI. [8]



Figura 2-9 Grupo de bombeo con 6 válvulas de distribución a riesgos [8]

2.5.1.3.3 Botellas de Alta Presión

En este sistema, la reserva de agua está contenida en botellas de acero debidamente protegidas interiormente contra la corrosión y construidas según los reglamentos de aparatos a presión CE-PED (Europeo) o DOT (Americano).

La presurización se efectúa mediante gas N_2 .

Ambas botellas (agua y N_2) se presentan ensambladas en estructuras metálicas formando baterías.

El Colector y todas las piezas metálicas que entran en contacto con el agua deben ser inoxidable.

[8]



Figura 2-10 Batería de cilindros de agua presurizada con N2 a alta presión [8]

2.5.1.4 Instalaciones fijas de CO₂.

2.5.1.4.1 Generalidades.

Las instalaciones a base de dióxido de carbono, consisten en unas botellas de acero, capaces de contener a este gas a alta presión (58 bar) y descargarlo a través de unas mangueras que lo conduzcan al siniestro (instalaciones fijas de manguera y carretel), o a través de una línea de tubería fija (instalaciones fijas de inundación), cuando sean abiertas las correspondientes válvulas de control. La selección de uno u otro tipo de instalación viene determinada por el carácter del espacio a proteger.

El dióxido de carbono se usa como agente extintor de incendios, con gran efectividad ya que desplaza el aire de los alrededores del foco del incendio, debido a su mayor densidad (1,5 veces más pesado que el aire). Las concentraciones típicas de este agente extintor en operaciones de C.I. son del orden del 30 al 70%.

El peligro principal para el personal que se encuentra en el interior de los compartimentos, bajo estas concentraciones, es la muerte por asfixia.

Cuando el dióxido de carbono es utilizado en lugares normalmente ocupados se deben extremar las medidas de seguridad para garantizar la evacuación del personal antes de que se produzca la descarga. [7]

2.5.1.4.2 Instalaciones

Estos sistemas se utilizan normalmente para la protección de compartimentos tales como: pañoles de pinturas, pañoles de líquidos inflamables, diésel de emergencia, cámara de bombas de combustible, etc. Actualmente y ante el vacío dejado por la eliminación de los sistemas de Halón-1301, se están incrementando de una forma notable estas instalaciones en cámaras de máquinas de buques de nueva construcción. [7]

2.5.1.4.3 Descripción del sistema.

Estas instalaciones están compuestas por un grupo de botellas conectadas en batería.

Las botellas descargan el CO₂ a un colector por medio de latiguillos flexibles acoplados a cada una de las mismas.

El colector recoge todo el gas de las botellas y lo distribuye mediante una red fija de tuberías por todo el compartimento, a través de las toberas de descarga, instaladas a lo largo de esta tubería.

Una instalación típica de CO₂, consta de los siguientes elementos:

- Botellas de almacenamiento de CO₂ con sus correspondientes fijaciones.
- Botellas piloto (normalmente 1 o 2 de las de almacenamiento).
- Mecanismo de disparo (caja, manilla, cable y válvulas de cabeza de las botellas).
- Mecanismo de interrupción de descarga.
- Mecanismo de alarma óptica y acústica.
- Mecanismo de parada de ventilación y extracción.
- Retardador de descarga.
- Colector de descarga.
- Tubería de conducción.
- Toberas de descarga.
- Indicador luminoso de funcionamiento. [7]



Figura 2-11 Batería de botellas de CO₂ [7]

En la tabla que se muestra a continuación se pueden observar las diferentes cantidades de CO₂ requeridas para la extinción del incendio en función del material en combustión:

MATERIAL	CONCENTRACION MINIMA DE CO ₂ (%)
Aceites refrigerantes y lubricantes	28
Acetileno	55
Alcohol etílico	36
Alcohol metílico	26
Benzol, benceno	31
Butano	28
Ciclo propano	31
Gas natural	31
Gasolina	28
Hidrógeno	62
Metano	25
Monóxido de carbon	53
Propano	30
Queroseno	28

Tabla 1 Concentraciones de CO₂ en función del material en combustión [7]

2.5.1.5 Gases alternativos al CO₂: FM200, Gases Inertes, Novec 1230

Los sistemas de gas CO₂ tienen la ventaja de su bajo precio y su madurez puesto que se han instalado desde hace varias décadas y en cualquier puerto importante se pueden encontrar empresas que realicen el mantenimiento o suministren piezas de repuestos.

Por el contrario tiene una desventaja ya mencionada, su peligrosidad.

Existen gases que pueden reemplazar al CO₂ y que no ponen en peligro a las personas si se descargan en un local ocupado: FM200, Novec 1230 y gases inertes como Inergen.

El FM200 es un gas muy utilizado en la última década, ha sido certificado por la mayoría de las agencias de seguridad y su efectividad es contrastada.

Como inconvenientes se pueden citar su alto precio, la necesidad de que se produzca la descarga en menos de 10 segundos, lo que implica tubería de mayor diámetro que para el CO₂ y por otra parte es dañino para la capa de ozono por lo que en un futuro será prohibido por las agencias medioambientales.

La mezcla de gases inertes como Inergen está compuesta por Nitrógeno: 52%, Argón: 40%, Dióxido de carbono: 8% almacenada a 300 bares en cilindros, antes de ser descargado, disminuyendo la presión a 60 bar tras el arranque del sistema. El principal inconveniente es la gran cantidad de gas necesario y el espacio que ocupa.

Por último, el gas Novec1230 introducido por la empresa 3M es de momento el que tiene más futuro, está certificado para extinción en máquinas de buques, no pone en peligro las vidas humanas, no es perjudicial para la capa de ozono y no tiene potencial para el calentamiento global. El espacio que ocupan los cilindros de Novec 1230 no es excesivo. Su único inconveniente es el precio. [8]

2.5.1.6 Sistema de Espuma

Los sistemas fijos de extinción de incendios a base de espuma producen una espuma apropiada para extinguir incendios de hidrocarburos. El sistema de espuma de alta expansión puede ser utilizado en salas de máquinas y en cuartos de bombas donde pueden ocurrir acumulaciones de aceites y derrame de éstos. El sistema de espuma de baja expansión es más adecuado para cubiertas de barcos que carguen cargas líquidas o cargas de naturaleza inflamable., como en el caso de derrames en cubierta o en tanques de carga debido a una colisión o explosión.

Los sistemas fijos de espuma están formados por:

- Circuito de agua contraincendios, que puede ser suministrada por un depósito de agua o por sistemas de bombas.
- Depósito de espumógeno, que pueden ser atmosféricos o a presión.
- Elementos de dosificación: dosificadores, eyectores, bombas de inyección, manómetros, válvulas...

La espuma que se descarga por las boquillas es el resultado de la mezcla de espumógeno, agua y aire

Antes de entrar a explicar los tres tipos de espuma vamos a explicar un concepto que tiene gran importancia a la hora de clasificar a éstas como es el coeficiente de expansión. Se trata de la relación entre el volumen final de la espuma obtenida y el volumen original del espumante que la produce. [7]

2.5.1.6.1 Espuma de Baja Expansión.

Es aquella cuyo coeficiente de expansión es menor de 20, estando los valores normales entre 7 y 9. Son espumas bastante densas, con un elevado contenido en agua; son útiles, en consecuencia, para apagar por sofocación y enfriamiento. Una delgada capa de espuma es suficiente para impedir la emisión de vapores.

La dosificación del espumógeno para obtener este tipo de espuma está comprendido entre el 3-6%. [7]

2.5.1.6.2 Sistema de Espuma de Media Expansión.

El índice de expansión está comprendido entre 20 y 200, con valores normales de 50 a 100. Con ellas se puede obtener un importante volumen de espuma con poco líquido espumante, y permiten cubrir muy rápidamente grandes superficies o inundar pequeños recintos. Son todavía suficientemente densas para ser utilizadas a la intemperie.

La dosificación del espumógeno para obtener este tipo de espuma es normalmente del 3%. [7]



Figura 2-12 Aplicación de espuma de media expansión con una lanza de espuma M-2 [7]

2.5.1.6.3 Sistema de Espuma de Alta Expansión

Su coeficiente de expansión es superior a 200, estando comprendido habitualmente entre 500 y 1000. Se trata de espumas muy ligeras que permiten rellenar rápidamente grandes espacios; apagan por sofocación pero tienen muy poco efecto refrigerante. La dosificación del espumógeno para obtener este tipo de espuma está comprendido entre 1-3%.



Figura 2-13 Aplicación de espuma de alta expansión con un Compact Excel. [7]

Situaciones en las que se emplean:

- Extinción de incendios de líquidos inflamables.
- Para prevenir la ignición del combustible, en derrames o áreas peligrosas.
- Aislar y proteger contra el calor radiante de un incendio.
- Extinción de incendios clase “A”, por su alto contenido en agua (baja expansión)
- Inundar grandes volúmenes (alta expansión).
- Extinción de incendios en compartimentos con difícil acceso. [7]

2.5.2 Equipos semi-portátiles de extinción

Encadraremos en este grupo a todo elemento contra incendios que a pesar de ser móvil tiene conexión directa a las instalaciones fijas del buque. Analizaremos los siguientes elementos:

- Mangueras y Boquillas
- Cañones
- Mangueras y lanzas

2.5.2.1 Mangueras y boquillas

Las mangueras de C.I. juegan un papel decisivo en el servicio de Seguridad Interior. Permiten conducir el agua a presión desde los sistemas fijos del buque o descargas de bombas portátiles al lugar del incendio.



Figura 2-14 Manguera contraincendios con certificación M.E.D. [7]

Las mangueras de C.I. utilizadas en la Armada son de 1,5" de diámetro (38,1 mm) y de 2,5" de diámetro (63,5 mm). La longitud de ambas mangueras es de 50 pies (15,24 metros).

Dichas mangueras llevan acoplamientos roscados en sus extremos y éstos se hacen firmes a las mangueras por medio de un casquillo metálico interior expandido; cada manguera lleva un acoplamiento macho y otro acoplamiento hembra. Estos acoplamientos permiten unirlos entre sí y conectarlos a los boquiles de C.I., descargas de bombas portátiles, repartidores, lanzas, etc.

Ahora vamos a comentar brevemente para que se usa cada una de ellas:

- Las mangueras de 2,5" de diámetro se suelen usar para:
 - Extinguir incendios, conectadas al colector de C.I. o a las descargas de bombas portátiles.
 - Alimentar, por medio de grifos en "Y", de una a tres mangueras de 1,5".
 - Alimentar el colector de C.I. con motobombas portátiles
 - Alimentar proporcionadores Z-4.
 - Alimentar generadores de espuma de alta expansión.
 - Alimentar eyectores portátiles de achique.
 - Descarga de bombas eléctricas sumergibles.
 - Puentear trozos del colector de C.I. que estén averiados.

- Las mangueras de 1,5" de diámetro son utilizadas para:
 - Extinguir incendios, alimentando lanzas de cono lleno y proporcionadores de espuma Z-2.
 - Puentear trozos de colector de C.I. que estén averiados.
 - Descarga motobomba.
 - Estaciones de C.I. [7]

2.5.2.2 Lanzas de agua/espuma

Son aparatos diseñados para proyectar agua sobre los incendios. El objeto principal de las lanzas es transformar la energía potencial del caudal de agua en energía cinética, conformando un chorro compacto (sólido) de agua o un cono de agua pulverizada (niebla), y, de esta forma, poder aplicar el agua sobre los incendios en la forma y cantidad adecuada desde una distancia apropiada.

Las características hidráulicas de las lanzas de agua son: el caudal, el diámetro y la presión.

Existen gran variedad de lanzas de agua, pero se pueden agrupar básicamente en tres grupos: de chorro compacto (sólido), de agua pulverizada (niebla) y combinados/as.

A continuación se muestran los repartidores más utilizados a bordo de los buques. [7]

2.5.2.2.1 Repartidores universales.

Es el más básico de todos y consiste en una lanza de agua combinada de chorro sólido y niebla a caudal y presión constantes. [7]



Figura 2-15 Lanzas de triple efecto [7]

2.5.2.2.2 Lanzas de cono variable

El agua solo sale por la periferia del cono dejando el interior sin gotas de agua (cono hueco). Se producen turbulencias en la zona vacía que reducen considerablemente la protección del utilizador. [7]



Figura 2-16 Lanza de cono hueco [7]

2.5.2.2.3 Lanzas de caudal y cono variable.

Son aquellas en las que todo el cono se encuentra cubierto por gotas de agua que facilitan el desplazamiento del frente de llama y la protección al utilizador (cono lleno). El caudal se regula variando la posición de la palanca. [7]



Figura 2-17 Lanza de cono lleno [7]

2.5.3 Extintores portátiles de contraincendios

Los extintores portátiles son aparatos autónomos, concebidos para ser llevados y utilizados a mano, que contienen un agente extintor que puede ser proyectado y dirigido sobre un incendio mediante la acción de una presión interna (obtenida por presurización permanente o por la liberación de un gas auxiliar). Sus dimensiones permiten además el paso sin dificultad por los accesos normales existentes a bordo.

La diferencia entre los de presión interna o permanente y los de presión adosada es que mientras en los primeros, el propio agente extintor va sometido a presión en el interior de una botella y es esa presión la que lo impulsa hacia el exterior, en los de presión adosada, el agente extintor está almacenado en una botella y el agente impulsor en un botellín (normalmente CO₂), y es este gas el que impulsa el agente extintor hacia el exterior una vez puesta en comunicación ambos recipientes. [7]

2.5.3.1 Extintor portátil de dióxido de carbono (CO₂ de 6,8 Kg, 15 libras).

Este constituido por las siguientes partes:

- Botella de acero.
- Válvula de gatillo.
- Tubo de goma.
- Cono difusor o bocina.



Figura 2-18 Extintor portátil de dióxido de carbono [7]

Los extintores portátiles de CO₂ son adecuados para la extinción de conatos de incendio de cualquier clase, pero su uso está especialmente recomendado para incendios de equipos eléctricos, debido a que el CO₂ no es conductor de electricidad ni corrosivo: Estas propiedades evitan que el personal pueda electrocutarse y que se deteriore por completo el equipo incendiado. [7]



Figura 2-19 Secuencia empleo extintor de CO₂. [7]

2.5.3.2 Extintor portátil de polvo seco.

Se denomina polvo seco a un producto extintor, compuesto básicamente por bicarbonato sódico. Este, tan pronto como es lanzado sobre el fuego por la fuerza impulsora de un gas provoca la extinción del incendio. Las teorías de la extinción con polvo seco no están bien definidas; por lo tanto, la respuesta más correcta a todas estas teorías estriba en una síntesis de todas ellas. Un hecho es evidente: para el mismo peso, el polvo seco es considerablemente más eficaz en la extinción de incendios que la mayoría de los agentes extintores usuales, entre ellos, el CO₂. De la comparativa con los extintores de CO₂ se deducen las siguientes ventajas:

- Mayor capacidad extintora para un mismo peso de equipo (dos veces más).
- Mayor alcance.
- Mayor protección para el personal.
- Mayor facilidad de recarga y posibilidad de efectuarla con los medios de a bordo.
- Menor elevación de concentración que el CO₂ en la atmósfera del compartimento utilizado.
- Mejor control de los incendios clase "A".

El inconveniente principal es que no se debe utilizar en equipos eléctricos delicados, porque deja residuos.

Estos extintores, denominados generalmente del tipo “P12M”, están constituidos por los siguientes elementos:

- Botella.
- Manguera
- Botella de gas impulsor
- Boquilla



Figura 2-20 Extintor portátil de polvo seco [7]

Los diferentes usos que tiene son los siguientes:

- Es el extintor más apropiado para extinguir incendios, clase “B” de pequeñas proporciones.
- Es efectivo también en incendios, clase “E”.
- No apaga totalmente los incendios clase “A”, sin embargo, los controla muy bien en tanto se procede a extinguirlos con agua. [7]

2.5.3.3 Extintor portátil de agua pulverizada de 10 litros.

El agua, por su gran poder de enfriamiento, siempre ha sido considerada como uno de los mejores agentes extintores, sobre todo para incendios clase "A", en los que es necesario enfriar los materiales incendiados de forma que se impida su reingición.

Los extintores de agua pueden funcionar también mezclando con el agua un líquido espumógeno que proporciona una especie de niebla espuma que flota sobre la superficie de cualquier combustible líquido, incluso gasolina, y que apaga por sofocación. En este caso, el líquido espumógeno se mezclará en una proporción del 6%.

El extintor portátil de agua pulverizada, de 10 litros, consta de lo siguiente:

- Botella.
- Botellín de gas impulsor.
- Manguera de descarga.
- Boquilla repartidora.
- Válvula de seguridad. [7]



Figura 2-21 Extintor portátil de agua [7]

2.6 Sistema de contraincendios actual a bordo del Juan Sebastián Elcano

De acuerdo con el Libro de Información General del servicio de máquinas y mi experiencia como alumno a bordo del Buque Escuela Juan Sebastián Elcano durante el crucero de instrucción LXXXVI la situación actual es la siguiente:

Primero de todo es interesante destacar la especial importancia que cobra la seguridad interior a bordo del Juan Sebastián Elcano, dadas las especiales navegaciones que realiza, estando expuesto en muchas ocasiones, a condiciones meteorológicas muy adversas y sobre todo, a las especiales características de diseño y antigüedad del buque que vuelven al buque difícil de proteger ante incendios de medianas o grandes proporciones.

Lo más reseñable de la estanqueidad relacionado con la seguridad interior son las puertas cortafuegos que se pueden encontrar a lo largo del buque. Aunque no son estancas, tienen un importante efecto retardante en la propagación del fuego. Cuentan con retenciones magnéticas las cuales son posibles disparar desde el control de máquinas y la central de SI. Existen las siguientes puertas cortafuegos:

- Acceso al pañol de municiones
- Acceso al pañol de armas
- Acceso al comedor de marinería
- Acceso a civiles
- Acceso a suboficiales
- Acceso al comedor de suboficiales
- Acceso a la camareta de marinería
- Acceso a “suite” de GG.MM
- Acceso enfermería
- Acceso quirófano
- Acceso GGMM. Bajada Cabos 1°
- Acceso a la giroscópica
- Acceso al pañol de velas
- Acceso sollado marinería Er
- Acceso sollado marinería Br
- Acceso Cabos 1°
- Acceso despensa baja
- Acceso pañol de aceites [9]

2.6.1 *Sistemas contra incendios:*

2.6.1.1 **Descripción del circuito de CI.**

El buque dispone de tres bombas contraincendios, dos situadas en la cámara de máquinas principal y otra situada en el compartimento local de la bomba de C.I. n°1 de proa (situado dentro del pañol de velas).

En el 2011 se sustituyen las tres bombas de CI, por otras 3 de disposición horizontal con una capacidad de descarga de 40m³/h.

El circuito de Contraincendios es seco, por lo que las bombas no están en servicio continuo sino que solo se ponen en marcha en caso de que sean necesarias. El circuito consiste en un anillo que recorre todo el buque por debajo de la cubierta superior, con ramificaciones a los diversos boquiles y sistemas que lo requiera.

Se disponen de 13 válvulas de seccionamiento del anillo de C.I.:

- 1 Válvula entrada Auxiliares por Cámara de Máquinas.
- 2 Válvulas en Babor a la altura de las Frigoríficas en la Cámara de MQ.
- 1 Válvula en Estribor a la altura de los Compresores de Media en la Cámara MQ.
- 1 Válvula en Sollado 4 de Cabos Primeros.
- 1 Válvula en Sollado 3 de Cabos Primeros.
- 1 Válvula en Camareta Proa de Cabos Primeros.
- 1 Válvula en Sollado 4 de Marinería.
- 1 Válvula en Sollado 3 de Marinería.
- 1 Válvula en Sollado Central de Marinería.
- 1 Válvula en Local de Giroscópica.
- 2 Válvulas en el Pañol de Velas. [9]

2.6.2 *Estaciones fijas de inundación por CO₂.*

El buque dispone de seis sistemas distribuidos de la forma siguiente:

- Pañol de pinturas. 2 botellas de 50 libras (22,68 Kg) accionadas desde el combés, junto la puerta del servicio de gravedad masculino.
- Pañol de munición. 2 botellas de 50 libras (22,68 Kg) accionadas desde el combés, junto la puerta del servicio de gravedad masculino.
- Cámara del MP. 8 botellas de 66 libras (30 Kg) y 4 de 160 libras (72.5 Kg) accionadas desde el pasillo de oficiales (Br.), acceso a la cámara de propulsión.
- Cámara de auxiliares. 1 botella de 108 libras (49.1 Kg) y 5 de 160 libras (72.5 Kg) accionadas desde el acceso al tronco de auxiliares (bajada de toldilla).
- Control de Máquinas. 1 botella de 164 libras (74.5 Kg) accionada desde la entrada a la Cámara de Control Central.
- Módulo de los auxiliares. 1 botella de 108 libras (49.1 Kg) por módulo.

Destacar un aspecto importante en relación con el disparo de estos sistemas, que en todos ellos, excepto en la Cámara de Control, es manual, por lo tanto, no se dispone de accionamientos automáticos en función de la temperatura, humo o llama en el compartimento. Esto no es del todo cierto y se explicará más adelante debido a la particularidad de la cabina de control al estar permanentemente cubierta por personal.

Podemos encontrar algunas diferencias atendiendo al mecanismo de retardo, aviso y descarga del gas CO₂.

En los sistemas de proa tanto el pañol de pintura como el de munición ocurre que al actuar sobre el cable tirando de la manilla, primero se descarga un primer botellín. Al producirse esta descarga se produce una alarma visual y acústica que alerta al personal que pudiera haber en el compartimento que éste se va a inundar con CO₂ en el plazo de 25 segundos, y por tanto deben abandonar el local cuanto antes.

El gas contenido en este primer botellín se expande a un segundo botellín vacío provocando el retardo citado anteriormente. Pasados 25 segundos después de haberse producido el disparo, la presión acumulada permite que el gas continúe su expansión hacia las botellas principales de 50 Lbs (22,7 Kg). Finalmente la presión producirá la apertura de las botellas principales que mandaran el CO₂ a los rociadores.

En cuanto a los sistemas de popa tanto en la cámara MP. como en la de auxiliares al actuar sobre el cable, tirando de la manilla, se produce el disparo de las botellas principales y se activa un termostato haciendo sonar la alarma en la cámara correspondiente. Al igual que en los anteriores sistemas el gas se hace pasar por una botella de retardo (30 segundos) permitiendo desalojar la Cámara antes de la inundación. Destacar que en ambas bandas, junto al tirador de inundación se encuentran los interruptores para cortar ventilaciones y extracciones de las cámaras.

En el caso de los módulos de los 3 auxiliares, hay que decir que existe una botella por módulo y que el sistema de disparo se encuentra dentro de la central de máquinas junto a la ventana que permite observar los compresores de aire. En el caso de que una de las botellas fallase a la hora de activarse, este grupo nos da la posibilidad de comunicar las 3 botellas entre sí, mediante válvulas de "by-pass", permitiéndonos inundar cualquiera de los 3 módulos con cualquiera de las 3 botellas. [9]

2.6.2.1 Inundación de la Cámara de Control de Máquinas.

La inundación de la cámara de control central merece una especial atención debido a la particularidad de su sistema. Anteriormente pudo observarse que el disparo en este compartimento era manual a diferencia del resto, pero hay que decir que esto no es del todo cierto. En un primer momento se instaló un sistema de inundación (durante el PIP 2001) controlado por una central electrónica y diseñada para disparar el CO₂ automáticamente en el caso de que se activasen dos detectores de humo situados en este compartimento.

La particularidad viene dada debido a que esta cámara se encuentra permanentemente cubierta por dotación por lo que se ha considerado, por razones de seguridad, impedir la activación automática de dicha cámara, por lo que el pulsador de parada se encuentra activado constantemente impidiendo así la inundación de la Cámara aunque salten los dos detectores de humos.

De este modo la inundación por CO₂ en esta cámara queda establecida de modo manual. Será necesario entonces pulsar el botón de activación además de desactivar el botón de parada, ambos dos situados a la entrada de la cámara.

Otra característica de esta cámara es la de poder regular el retardo pudiendo de ir desde los 2 hasta los 90 segundos.

En relación a la alarma acústica y visual, ésta actúa de forma independiente a la inundación, por lo que sí que se activarán de forma automática en cuanto se produzca la detección en uno de los dos detectores de humos. [9]

2.6.2.2 Sistema de extinción de incendios de la cocina.

Instalado durante las obras del año 2.000 y modificado para adaptarlo a la nueva cocina en el año 2002.

El principal objetivo de este sistema es extinguir incendios sobre las planchas, marmitas y freidoras de la banda de estribor de la cocina, para lo cual se dispone de cuatro difusores que descargan sobre dicha zona una solución acuosa de Carbonato Potásico. Al mismo tiempo y de forma automática se corta la ventilación y se cierra una charnela en cada salida de humos, con el propósito de confinar el incendio a la cocina.

El K_2CO_3 acuoso (1,5 galones 5,7 litros) se almacena en una botella, y al dispararse el sistema es impulsado hacia los difusores por el Nitrógeno contenido en otra botella.

El disparo se produce bien manualmente, por medio de dos tiradores situados fuera de la cocina, junto a las puertas tanto de estribor como de babor, o bien automáticamente, al fundirse alguno de los tres elementos termofusibles situados sobre las planchas, lo cual ocurre a 350 °C.

Cabe destacar que la zona de los hornos no posee ningún sistema fijo de extinción, solamente cuenta con sensor de temperatura. Como experiencia comentar que este sensor estaba la mayor parte del tiempo desactivado ya que la gran temperatura que llegaban a alcanzar los hornos, activaban continuamente estos sensores.

Como curiosidad citar que durante el PIP del año 2008 se colocaron en la cocina sensores de movimiento, cuya finalidad es cortar alimentación a las freidoras, para así evitar que cuando no haya ningún personal trabajando en la cocina, se puedan quedar encendidas, con el consiguiente peligro de incendio.

Por ultimo durante el PIP del 2011 se revisa todo el circuito, se instala un pulsador dentro de la cocina que corta alimentación de freidoras y extracción, una seta por fuera en cada banda que cortaría toda la alimentación y unos sensores de calor que producirían la caída de tensión de las freidoras y la extracción, el disparo del agente extintor y cierra las persianas de cierre, por fuera hay también unos tiradores para el mismo fin. [9]

2.6.2.3 Inundación de compartimentos con agua salada (circuito CI).

Debido a la gran cantidad de materiales inflamables a bordo, concretamente en los compartimentos dedicados a habitabilidad, el buque dispone de un sistema de rociadores encargados de inundar los compartimentos con agua salada en caso de incendio de grandes proporciones. La disposición de estos rociadores consiste en una serie de anillos independientes unos de otros dispuestos por zonas. La alimentación se lleva a cabo mediante un boquil de alimentación situado junto a la bajada de GGMM, por lo que si se quiere utilizar este sistema habrá que aportar presión a este boquil mediante el colector de CI o con la motobomba tornado a través de mangueras de 2,5 pulgadas.

Una importante característica de este sistema es que no cuenta con válvulas de paso por lo que una vez alimentado el boquil de cubierta se producirá la inundación del circuito. Cada rociador cuenta con una ampolla la cual reventará con la temperatura de un incendio, produciendo una descarga en los compartimentos afectados. Por ultimo comentar que en la cuarta sección no existen estas ampollas, por lo que al alimentar el circuito se producirá la descarga de agua en todos los compartimentos de la cubierta alta. [9]

2.6.3 *Material portátil de C.I.*

2.6.3.1 Extintores.

Existen dos tipos de extintores a bordo, los de CO₂, adecuados para incendios de pequeñas proporciones y especialmente de tipo E y los extintores de polvo seco, muy adecuados para incendios tipo B y capaces de controlar un incendio tipo A.

Estos extintores se pueden encontrar a lo largo de todo el buque pero no se puede precisar con exactitud su localización debido a la continua variación de la ubicación de estos equipos. [9]

2.6.3.2 Equipos productores de espuma.

Para la producción de espuma de baja expansión se cuenta con la Lanza F225 conectada a una manguera de 1 ½" al mismo tiempo que aspira de una lata de espumógeno. Se Genera una espuma compacta que puede ser utilizada con garantías en incendios de tipo B, en tanques de combustible y espacios de máquinas de pequeño y mediano tamaño. El espumógeno utilizado es el AFFF (base sintética).



Figura 2-22 Lanza F225 [9]

En cuanto a la producción de espuma de media expansión, el buque cuenta con la Lanza M-2 la cual está conectada a una manguera de 1 ½", y aspirando a través de un proporcionador de espumógeno Z-2. Esta espuma es muy útil en incendios tipo B en espacios de gran tamaño. El espumógeno utilizado es el EXPIROL.



Figura 2-23 Lanza M-2 [9]



Figura 2-24 Proporcionador Z-2 [9]

Por ultimo en cuanto a la producción de espuma de alta expansión podemos encontrar a bordo el compact-excel. Este equipo puede ser empleado tanto para generación de espuma de alta expansión como para extracción de humos.



Figura 2-25 Excel en modo generador espuma [9]



Figura 2-26 Excel en modo extractor de humos [9]

Para terminar el buque cuenta con dos equipos de AFFF, en la Cámara de Máquinas, ambos semifijos, con el objetivo de producir espuma de media expansión, uno bajo la Cámara de Control de Máquinas en babor y otro dentro de auxiliares a proa del Generador n°1. Consisten en un tanque con capacidad para 50 litros de líquido espumógeno, a parte se dispone de un proporcionador Z-2 conectado al circuito de CI y a la salida se conecta una manguera estibada en el propio equipo finalizando en una lanza de espuma F-225. [9]

3 DESARROLLO DEL TFG.

3.1 Resumen de requerimientos de la normativa existente sobre seguridad

Antes de entrar en detalle enumerarán las diferentes normativas existentes:

- Nato Naval Ship Code
- Solas (IMO)
- FSS code
- Normativa de las sociedades clasificadoras DNV-GL, ABS, Lloyds Register, Bureau Veritas.

En este apartado se realizará un resumen de los requerimientos existentes sobre seguridad, en especial nos centraremos en la NATO NSC y DNV-GL por ser esta última la sociedad con más buques clasificados en Europa.

En el Anexo 1 viene de manera más detallada todos los requerimientos sobre seguridad que exigen la NATO NSC Y la DNV-GL. Aquí se ha hecho más hincapié en los apartados que afectan de manera directa al buque Juan Sebastián Elcano

3.1.1 *Cableado eléctrico.*

3.1.1.1 **Temperatura**

En aquellos lugares donde se espera que la temperatura ambiente sea elevada, los cables a utilizar deberán soportar 10°C más de la temperatura esperada en estos espacios.

Los cables que se encuentren en los alrededores de los motores diésel, turbinas o calderas deberán seguir rutas específicas para evitar estar sometidos a temperaturas demasiado elevadas.

3.1.1.2 **Aplicación de cables resistentes al fuego.**

Aquellos cables específicos contra el fuego, que pasan por lugares con elevado riesgo de incendio, serán dispuestos de tal modo que si se produjera un incendio en cualquiera de estas áreas o zonas no se vería afectada la operación del servicio en cualquier otra área o zona. Esto se llevara a cabo por cualquiera de los dos métodos siguientes:

- Mediante la utilización de cables con capacidad de aislamiento térmico de acuerdo con la publicación IEC 60331 para cables con diámetro mayor de 20 mm, los cuales serán instalados a lo largo de estas áreas con el objetivo de mantener la integridad al fuego dentro de la zona de alto riesgo de incendio.

- Se instalarán al menos dos circuitos independientes y tan separados como sea posible y dispuestos de manera que si se produjese un incendio un circuito siga estando operativo. [10]

3.1.2 *Sistemas de seguridad en los buques*

3.1.2.1 **Detectores y alarmas contraincendios**

La señal deberá ser óptica y audible y continuará sonando hasta que exista conocimiento de ella en la cámara central. Deberá existir un repetidor en el puente.

En cuanto a los detectores de humo, los cuales deberán estar situados en escaleras, pasillos, rutas de escape y acomodación, deberán estar certificados para operar antes de que la densidad del humo exceda un 12,5% de oscurecimiento por metro y nunca antes de alcanzar un 2%.

Los detectores de temperatura actuarán cuando se encuentren sometidos a temperaturas de entre 54°C y 78°C.

La máxima zona que puede monitorizar un detector de temperatura y uno de humo será de 37 y 74 m² respectivamente. En cuanto a la distancia mínima permitida entre detectores será de 9 metros para los de temperatura y 11 para los de humo. Para terminar, los detectores de temperatura no podrán estar situados a más de 4,5 metros de un mamparo mientras que los de humo no podrán estar a más de 5,5 metros. [10]

3.1.3 *Protección contra incendios y equipos de extinción de incendios.*

3.1.3.1 **Detección de incendios**

- En cuanto a los buques que transporten a más de 36 pasajeros se instalará un sistema automático de pulverización de agua a presión en todos los espacios de alojamiento y de servicio, incluyendo pasillos y escaleras y en los puestos de control. Todos los espacios antes mencionados, excepto los espacios sanitarios y las cocinas, deben contar además con un sistema de detección de humo.

3.1.4 *Sistema general de contraincendios.*

3.1.4.1 **Bombas de contraincendios:**

3.1.4.1.1 *Número de bombas:*

En el caso de buques de pasajeros de más de 4000 GT el agua debe ser suministrada por al menos 3 bombas independientes y en el caso de buques de menos de 4000 GT tendrán al menos 2 bombas.

En el caso de buques de carga de más de 500 GT serán necesarias al menos 2 bombas. Para este tipo de buques de menos de 500 GT se necesitará como mínimo 1 bomba de contraincendios.

3.1.4.1.2 *Capacidad mínima y presión de trabajo.*

Cuando existan bombas de contraincendios de diferentes capacidades, ninguna de ellas suministrará menos del 80% de la capacidad total requerida dividido por el número específico de bombas contraincendios.

Cada bomba contraincendios debe de ser capaz de suministrar suficiente agua para al menos dos bocas de contraincendios del buque.

3.1.4.1.3 *Uso y disposición de las bombas*

Las bombas de contraincendios y la conexión al mar tendrán que estar colocadas lo más profundos posibles por debajo de la línea de agua.

En este cuadro resumen se observa la capacidad mínima y el número de bombas contraincendios necesarias según el tipo de buque:

Passenger ships				Cargo ships	
<= 4000 GT		< 4000 GT		<= 500	< 500 GT
Number of power-driven fire pumps					
3		2		2	1
Minimum capacity V (m ³ /h) of one fire pump ¹					
² 5,1 · 10 ⁻³ d _H ²	3,8 · 10 ⁻³ d _H ²	² 7,65 · 10 ⁻³ d _H ²	5,75 · 10 ⁻³ d _H ²	3,8 · 10 ⁻³ d _H ²	
¹ d _H (mm) = theoretical diameter of the bilge main (see Section 11, N. formula 4) ² Applicable to passenger ships with a criterion numeral of 30 or over in accordance with SOLAS 1974 as amended, Chapter II-1, Part B, Regulation 6.					

Tabla 2 Bombas contraincendios según el tipo de buque [10]

3.1.4.1.4 *Bomba de emergencia de contraincendios.*

Las bombas de emergencia deberán ser capaces de suministrar al menos el 40% de la capacidad total de las bombas principales de contraincendios y en ningún caso el caudal será menor de 25m³/h tanto en buques de pasajeros de menos de 1000GT como en buques de carga de 2000 GT o superior.

El suministro de combustible en la bomba de emergencia de contraincendios deberá de ser el suficiente para mantener a ésta en funcionamiento a carga nominal durante al menos 18 horas.

El tanque de combustible para el suministro de las bombas de emergencia deberá de contener suficiente cantidad de combustible como para asegurar el funcionamiento de la misma al menos durante 6 horas sin volver a rellenar el mismo.

En el caso de que sean las baterías el único sistema de arranque se dispondrán de dos juegos de las mismas que serán capaces de producir seis arrancadas en los primeros 30 minutos y al menos dos arrancadas en los primeros 10 minutos. [10]

3.1.4.2 **Colector contraincendios**

3.1.4.2.1 *Conexión a tierra.*

Todos los buques de 500 GT o superiores deberán de estar provistos con al menos una conexión a través de la cual el agua pueda ser conducida desde tierra al interior del buque. La conexión es estándar y deberá ser posible su conexión en ambos lados del buque.

3.1.4.2.2 Diseño de Tuberías de Contra incendios

Las fórmulas siguientes deberán ser utilizadas como guía para el dimensionamiento de las tuberías de contra incendios.

- $d_{ci} = 0,8 d_h$
- d_{ci} = diámetro interior de la tubería de contra incendios, d_{ci} mínimo = 50 mm
- d_h = diámetro teórico de la tubería principal de sentina.

En los buques de pasajeros el diámetro máximo (d_{ci} max) nunca superará los 175mm.

Toda la instalación de tuberías de contra incendios será diseñada para aguantar la presión máxima permisible de trabajo de la bomba de contra incendios que será de al menos 10 bares.

En ningún punto del buque la presión de descarga en las boquillas deberá ser inferior a los valores que se muestran a continuación:

Tipo de buque	TPM	Presión en boquillas (N/mm ²)
Buque de carga	<6000	0,25
	≥6000	0,27
Buque de Pasajeros	<4000	0,30
	≥4000	0,40

Tabla 3 Presión de descarga de las boquillas [10]

3.1.4.3 Hidrantes

Los hidrantes estarán dispuestos de modo que el agua expulsada por dos boquillas simultáneamente, teniendo en cuenta que la longitud de una de ellas deberá de ser el largo de una manguera, alcance las siguientes zonas:

- Cualquier parte del buque a la que los pasajeros y tripulantes tengan acceso durante el viaje
- En los buques de pasajeros cualquier parte relacionada con alojamiento, servicios y máquinas debe ser alcanzado con el agua expulsada por dos boquillas funcionando al mismo tiempo.

Los buques de pasajeros deberán de estar, además, equipado con dos tomas de agua en una zona contigua a la planta baja de la sala de máquinas ya que este espacio forma parte de la ruta de escape (por ejemplo, el túnel del eje). [10]

3.1.4.4 Mangueras

Las mangueras deben de tener un largo no inferior a 10 metros, la longitud más utilizada es la de 12 metros en lugares con maquinaria, nunca superando los 15 metros. La longitud de éstas nunca será superior a 20 metros en el resto de espacios y en cubiertas abiertas.

En buques de pasajeros tendrá que existir una manguera con su boquilla en cada hidrante.

En los buques en los que haya más de 36 pasajeros, las mangueras que correspondan a los hidrantes que estén localizados en la superestructura estarán conectadas a los mismos de forma permanente. [10]

3.1.4.5 Boquillas de lanzas de agua.

Solo se utilizarán boquillas de doble propósito, nebulizada o chorro con dispositivo de cierre.

Los tamaños de boquillas han de ser 12, 16 y 19 mm o tan cerca de la misma como sea posible.

En los espacios de alojamiento y de servicios, el diámetro de la boquilla podrá ser de 12mm

En los espacios de máquinas y emplazamientos exteriores, el tamaño de la boquilla deberá ser el máximo posible para permitir entregar el máximo caudal con dos boquillas a la presión estipulada de la bomba contra incendios más pequeña disponible. [10]

3.1.4.6 Extintores móviles, aplicadores de espuma portátiles y aplicadores de agua nebulizada.

3.1.4.6.1 Los medios de extinción, los pesos de carga, clases de fuego y las cargas de respeto.

Los extintores de incendios de CO₂ no deberán estar ubicados en las zonas de alojamiento al igual que los extintores de agua tampoco deberán encontrarse en los espacios de máquinas.

En zonas donde haya equipos electrónicos que operen a un voltaje superior a 1 kV habrá que instalar extintores adecuados para tal caso.

La carga de los extintores portátiles de polvo seco y de gas será de al menos 5 kg y el contenido de los extintores de espuma y agua no deberá ser inferior a 9 litros.

El peso total de un extintor de incendios portátil listo para su uso no deberá exceder los 23 kg.

Para los extintores de incendios que puedan recargarse a bordo, las cargas de respeto que se llevaran serán las siguientes:

- 100% para los primeros 10 extintores de cada tipo
- 50% para las unidades restantes de cada tipo, sin exceder los 60 extintores

En la tabla que se muestra a continuación, podemos ver el medio de extinción adecuado para cada tipo de incendio: [10]

Fire class	Fire hazard	Extinguishing media
A	Solid combustible materials of organic nature (e.g. wood, coal, fibre materials, rubber and many plastics)	Water, dry powder/dry chemical, foam
B	Flammable liquids (e.g. oils, tars, petrol, greases and oil-based paints)	Dry powder/dry chemical, foam, carbon dioxide
C	Flammable gases (e.g. acetylene, propane)	Dry powder/dry chemical
D	Combustible metals (e.g. magnesium, sodium, titanium and lithium)	Special dry powder or dry chemical (metal)
F (K)	Cooking oils, greases or fats	Wet chemical solution
–	Electrical equipment	Carbon dioxide, dry powder/dry chemical

Tabla 4 Tipos de fuegos [10]

3.1.4.7 Sistemas de extinción fijos por gas

3.1.4.7.1 *Sistemas de CO₂*

Para los espacios de máquinas las alarmas acústicas han de ser independientes de la descarga de CO₂. La alarma acústica se va a ubicar de manera que sea audible desde cualquier punto de la cámara aún con toda la maquinaria operando.

La alarma de pre-descarga será accionada automáticamente antes de que empiece la inundación del compartimento. Este tiempo se basará en el tiempo empleado en la evacuación del personal y no será nunca menor de 20 segundos. [10]

3.1.4.7.2 *Gases alternativos al CO₂: Novec 1230*

El gas Novec 1230 se está extendiendo en los últimos años como un buen sustituto para los sistemas de CO₂ tan tóxico para el ser humano. La capacidad de extinción de estos sistemas se basa en el desplazamiento del oxígeno del aire, el Novec 1230 principalmente lo que hace es sustraer la energía del calor de la llama y de esta manera interrumpir la reacción de combustión.

3.1.4.8 Sistema de espuma

3.1.4.8.1 Concentración de espuma

Antes de nada hay que definir el concepto de coeficiente de expansión ya que tendrá mucha importancia a la hora de clasificar las diferentes espumas. El coeficiente de expansión consiste en la relación entre el volumen de espuma producida y la mezcla de agua y concentrado de espuma suministrado.

En el caso de espuma de baja expansión, producido por la adición de 3-6% de concentrado de espuma, el coeficiente de expansión no excederá de 12: 1.

Para espuma de alta expansión, producido por la adición de 1 - 3% de concentrado de espuma, el coeficiente de expansión puede ser 100: 1 hasta 1000: 1. [10]

3.1.4.8.2 Espuma baja expansión

La Espuma de baja expansión se utiliza para la extinción de líquidos inflamables Clase B; también puede ser adecuada en fuegos de clase A donde es importante el enfriamiento.

El riesgo de derrame durante cargas y descargas y la ruptura de tanques por colisión o explosión requieren de un sistema de espuma de baja expansión para la protección en el caso de que ocurra este tipo de situaciones.

Se suministrarán suficientes hidrantes para asegurar que la espuma procedente de al menos dos aplicadores pueda direccionarse hacia cualquier parte de la zona de cubierta de tanques de carga. [10]

3.1.4.8.3 Espuma de alta expansión

En estos sistemas se contará con unidades capaces de realizar descargas rápidas siendo esta cantidad la suficiente como para cubrir la zona afectada, con una capa de 1 metro de altura, en no más de 10 minutos. Si el total de la zona a cubrir es superior a 400 m² entonces serán necesarios al menos dos generadores de espuma. La aportación de espuma tiene que ser la suficiente como para cubrir 5 veces el espacio más grande a proteger. El coeficiente de expansión de la espuma no debe de exceder la relación 1000 a 1. [10]

3.1.4.9 Sistema de Agua pulverizada

Los rociadores estarán colocados en los techos y deberán de ser capaces de mantener una caudal de al menos 5 litros/m² por minuto.

Los rociadores deberán de estar agrupados en secciones separadas cuya cantidad por sección no debe ser superior a los 200 rociadores. Generalmente en los buques de pasajeros cualquier sección de rociadores no debe de dar servicio a más de dos cubiertas.

Será necesario utilizar el sistema cuando el rango de temperaturas fluctúe entre 68 y 79 grados centígrados, excepto en aquellas zonas donde se prevean temperaturas elevadas.

Se tendrán rociadores de repuestos de cada uno de los tipos que tengamos en el buque. El número de rociadores de repuesto no tiene que exceder del número de rociadores que ya estén instalados.

A continuación se muestran unos valores orientativos:

- < 300 rociadores – 6 repuestos
- 300-1000 rociadores – 12 repuestos
- >1000 rociadores – 24 repuestos [10]

3.1.4.10 Sistemas de extinción de incendios para pañoles de pinturas

Deberá contar con un sistema de extinción de incendios a base de CO₂, polvo seco, agua o un agente extintor equivalente y capaz de ser accionado desde fuera de la sala

Si se utiliza el sistema de CO₂, el suministro de agente extintor ha de calcularse para una concentración del 40% con respecto al volumen total de la sala en cuestión.

Si por el contrario el sistema utilizado es de polvo seco se deberá diseñar con al menos 0,5 kg por metro cúbico de volumen bruto de la habitación en cuestión.

Para los sistemas de pulverización de agua a presión, se asegurará un flujo uniforme de 5 litros / m² por minuto con relación a la superficie del suelo. [10]

3.1.4.11 Mercancía peligrosa.

Se deberá proporcionar un suministro inmediato de agua del colector principal mediante un arranque remoto de todas las bombas principales de fuego desde el puente de navegación o mediante la presión permanente del colector y por la puesta en marcha automática de las bombas principales contraincendios.

La capacidad de las bombas principales contraincendios será suficiente para el suministro de cuatro chorros de agua simultáneamente. [10]

3.2 Resumen de requisitos de medios de protección C.I.

A continuación se resumen los medios de protección CI necesarios que exige la normativa para cada local.

BUQUE ESCUELA JUAN SEBASTIÁN ELCANO				Extinción de Incendios					
Volúmenes (m3) de espacios a proteger por sistema de gas	V.Bruto	Descontado *	V. Neto	Gas Novec centralizado	Gas Novec independiente	Extinción Local Agua	Boquillas abiertas, red general l/min	Sprinklers, hidróforo l/min	Acetato potásico
Cámara de Máquinas									
Total Cámara de Máquinas.....			866,0	X					
Cabina de Control	26,0		26,0	X					
Cámara de Auxiliares	55		55	X					
Pañol de Munición	8		8		X		X		
Superficie a proteger por sistema de agua o acetato potásico									
Pañol de Pinturas	m ² de superficie		3	X			X		
Extinción Freidora	Dimensiones cm.		31,5x33+2x31,5x33						X

NOTA: El reparto de cilindros de Novec en la máquina se realizará en lo posible proporcional a los Volúmenes Neto:

Tabla 5 Requisitos medios de protección C.I

3.3 Diseño y cálculo de los sistemas de protección C.I.

En este apartado se va a realizar todos los cálculos necesarios para el diseño y dimensionamiento del sistema contraincendios de varios tipos de buques. Vamos a realizar el cálculo del sistema general de contraincendios (Agua Salada).

Lo primero de todo será definir las características principales del buque ya que de éstas dependerán mucho los resultados obtenidos.

Las Características principales del buque, son las siguientes:

- Eslora máxima con bauprés 113 mts
- Eslora máxima 94 mts
- Eslora entre perpendiculares 79 mts
- Manga máxima 13 mts
- Puntal cubierta principal 6 mts
- Guinda máxima 50 mts
- Desplazamiento a plena carga 3770Tn.

Una vez que se conocen las medidas principales del mismo se procederá a diseñar y calcular los sistemas de contraincendios que vamos a instalar.

3.3.1 Cálculo del Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

Este apartado tendrá como objetivo describir el proceso de cálculo del sistema general de contraincendios, a instalar a bordo del Juan Sebastián Elcano.

En la tabla que se incluye a continuación se especifican los datos de entrada de diseño.

Dimensiones del Buque			Longitud de C ^a Máquinas+C ^a Bombas CI (m)
Eslora L _{pp} (m)	Manga B (m)	Puntal H (m)	
79,4	13,00	6,3	12,8

Tabla 6 Datos de entrada de diseño

Los cálculos que se describen en el presente capítulo se han realizado teniendo en cuenta, fundamentalmente, los requisitos exigidos por la siguiente normativa:

- “Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar” (Convenio "**SOLAS**").
- Reglamento de la Sociedad de Clasificación "**Germanischer Lloyd**".

3.3.1.1 Cálculo del Diámetro del Colector Principal de Sentinas

En este caso el diámetro mínimo del colector principal de sentinas se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$d_{cs} = 1,68 \times \sqrt{L \times (B + H)} + 25$$

Siendo:

D_{cs} = Diámetro del Colector Principal de Sentinas, expresado en mm.

L = Eslora entre Perpendiculares, expresada en m.

B = Manga del Buque, expresada en m.

H = Puntal del Buque, expresado en m. Aplicando la fórmula anterior resulta:

$$d_{cs} = 1,68\sqrt{79,4 \times (13 + 6,3)} + 25 = 90,70 \text{ mm}$$

Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas

La capacidad unitaria de las bombas de sentinas se calculará mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$Q_{bs} = 5,75 \times 10^{-3} \times d_{cs}^3$$

Siendo:

Q_{bs} = Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas, expresada en m^3/h
 D_{cs} = Diámetro del Colector Principal de Sentinas, expresado en mm.

Aplicando la expresión anterior resulta:

$$Q_{bs} = 5,75 \times 10^{-3} \times 90,72^3 = 47,30 \text{ m}^3/h$$

3.3.1.2 Características principales de las bombas de contraincendios

3.3.1.2.1 Bombas principales

A continuación se va a determinar las características principales de las bombas principales de contraincendios

De acuerdo con las exigencias reglamentarias, el número mínimo exigible para este tipo de buque son 2 bombas principales de contraincendios, pero se realizarán los cálculos para 3 bombas contraincendios por razones de seguridad y las características propias de todo buque de guerra.

A la hora de calcular la capacidad unitaria de las bombas se seguirán dos criterios

- Primer Criterio de Dimensionamiento

De acuerdo con este criterio, la capacidad unitaria de las bombas principales de contraincendios se determinará mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q_{bci} = 3,8 \times 10^{-3} \times d_{cs}^3$$

Q_{bci} = Capacidad Unitaria de las Bombas de Contraincendios, expresada en m^3/h
 D_{cs} = Diámetro del Colector Principal de Sentinas, expresado en mm.

Aplicando la expresión anterior resulta:

$$Q_{bci} = 3,8 \times 10^{-3} \times 90,72^3 = 31,25 \text{ m}^3/h$$

- Segundo Criterio de Dimensionamiento

Hay de añadir que el reglamento del Germanischer Lloyd requiere, además, que cada una de las bombas de C.I. sea capaz de suministrar un caudal suficiente para alimentar, como mínimo, 2 mangueras de contraincendios provistas de la mayor de las boquillas utilizadas a bordo.

Las mangueras utilizadas a bordo son de 1,5" y 2,5" el tamaño de sus boquillas son 16 y 25 mm respectivamente

El caudal descargado por una manguera de contraincendios puede ser determinado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Q_m = 0,039 \times d^2 \times \sqrt{p}$$

Siendo:

Q_m = Caudal descargado por una Manguera de Contraincendios, expresado en m^3/h .

d = Diámetro de la Boquilla, expresado en mm.

p = Presión Manométrica existente en la Boca de Contraincendios, expresado en kg/cm .

Se adoptará, de acuerdo con las prescripciones reglamentarias, los valores que se especifican a continuación:

- $d = 25 \text{ mm}$ (1 “)
- $p = 2,8 \text{ Kg/cm}^2$

Aplicando la expresión antes citada resulta:

$$Q_m = 0,039 \times 25^2 \times \sqrt{2,8} = 42,1 \text{ m}^3/h$$

Resaltar que este caudal obtenido resulta excesivo para un manejo adecuado de las mangueras. Según la normativa vista anteriormente, el tamaño de máximo de una boquilla debe de ser de 19mm; pero debido a las características intrínsecas de todo buque de guerra se utilizan boquillas de 25 mm.

El caudal descargado por 2 mangueras con boquillas de 25 mm será:

$$2 \times Q_m = 2 \times 42,1 = 84,21 \frac{m^3}{h}$$

Se realizarán los mismos cálculos suponiendo que las boquillas utilizadas a bordo del Juan Sebastián Elcano sean de 19mm.

Siguiendo el mismo criterio que antes y aplicando las mismas fórmulas obtenemos:

$$Q_m = 0,039 \times 19^2 \times \sqrt{2,8} = 23,56 \text{ m}^3/h$$

El caudal descargado por 2 mangueras con boquillas de 19 mm será:

$$2 \times Q_m = 2 \times 23,56 = 47 \frac{m^3}{h}$$

De esta manera se obtiene un dato bastante más aproximado y lógico aunque las bombas contraincendios del Juan Sebastián Elcano seguirían sin valer ya que éstas descargan un caudal de $40m^3/h$.

3.3.1.2.2 Bomba de emergencia

De acuerdo con las exigencias reglamentarias, se deberá instalar 1 bomba de contraincendios de emergencia.

Al igual que con las bombas principales, en este caso también aplicaremos dos criterios:

- Primer Criterio de Dimensionamiento

De acuerdo con las exigencias reglamentarias, la bomba de contraincendios de emergencia deberá ser capaz de suministrar, como mínimo, un caudal igual al 40% de la capacidad total especificada de las bombas principales.

Por lo tanto la capacidad mínima de la bomba de contraincendios de emergencia tomando como tamaño de la boquilla 25 mm será:

$$Q_{be} = 0,4 \times 84,21 = 33,7 m^3/h$$

Considerando que la manguera cumpliera con la legislación vigente y tuviese un boquil de 19mm:

$$Q_{be} = 0,4 \times 47 = 18,8 m^3/h$$

- Segundo Criterio de Dimensionamiento

Al igual que con las bombas principales el reglamento del Germanischer Lloyd requiere, además, que cada una de las bombas de emergencia sea capaz de suministrar un caudal suficiente para alimentar, como mínimo, 2 mangueras de contraincendios provistas de la mayor de las boquillas utilizadas a bordo.

Como se vió anteriormente con este criterio necesitábamos una bomba que proporcionase $84,21 m^3/h$ para una boquilla de 25 mm y otra con un caudal de $47m^3/h$ en el caso de que la manguera contase con una boquilla de 19mm.

Teniendo en cuenta los 2 criterios de dimensionamiento anteriormente mencionados, y con el fin de unificar los caudales de todas las bombas del sistema general de contraincendios adoptaremos el siguiente caudal unitario:

$$Q_{be} = 50 m^3/h$$

3.3.1.3 Colector del Sistema General de Contraincendios

La sección interior del colector del sistema general de contraincendios se determinará mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$S = \frac{Q}{V}$$

Siendo:

S = Sección Interior del Colector, expresada en dm^2

Q = Caudal expresado en dm^3/s (litros/segundo)

V = Velocidad del Fluido, expresada en dm/s

Adoptando los valores $Q = 90 m^3/h = 25 dm^3/s$ y $v = 3,0 m/s = 30 dm/s$ resulta:

$$S = \frac{25}{30} = 0,83 dm^2$$

Por lo tanto, el diámetro del colector del sistema general de contraincendios será:

$$d = 1,03 dm = 103 mm = 4''$$

3.3.2 Sistema de protección por rociadores y boquillas de agua

Previamente a los cálculos, en este capítulo se va a explicar los fundamentos en los que están cimentados los cálculos que se han llevado a cabo para el diseño de los sistemas por rociadores. Se definirán conceptos tan importantes como el teorema de Bernoulli, el factor K o la fórmula de pérdida de presión de Hazen-Williams.

3.3.2.1 Principios básicos de la hidrostática

Se empezará analizando los principios básicos de la hidrostática:

- La presión en un punto en el líquido es igual en todas las direcciones.
- La presión aplicada desde una fuente externa en un líquido confinado será transmitida en todas las direcciones a través del líquido sin una reducción en magnitud.
- La presión creada por un líquido en un recipiente abierto es directamente proporcional a la profundidad del líquido.
- La presión creada por un líquido en un recipiente abierto es directamente proporcional a la densidad del líquido.
- La forma o el volumen de un líquido no influye en la presión creada por el líquido.

Un pensamiento erróneo es que la presión siempre actúa en una dirección descendente, esta falacia está arraigada por el entendimiento de que la presión está relacionada con el peso.

El primer principio, que se conoce como la Ley de Pascal defiende que la presión es igual en todas las direcciones como se muestra en la imagen siguiente:

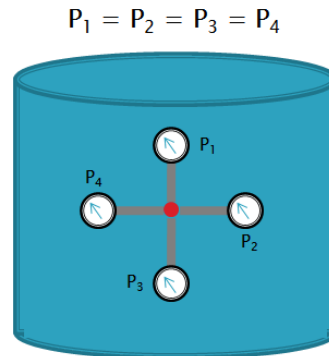


Figura 3-1 Ley de Pascal [11]

En cuanto al segundo principio, la idea de que la presión se transmite a través de un líquido confinado sería aceptada con mayor facilidad si la gente entendiese que los líquidos son incomprensibles por naturaleza. A diferencia de los gases que se contraen en volumen cuando se les aplica presión, los líquidos mantienen su volumen cuando se encuentran bajo presión. Debido a que el volumen no se reduce, el aumento de presión se propaga a lo largo de la totalidad del líquido en todas las direcciones sin que se reduzca su tamaño

El tercer principio demuestra que la presión creada a lo largo de una columna de agua es directamente proporcional a la profundidad. El agua tiene una densidad de 1000 kg / m^3 . Por lo tanto, 1 metro cúbico de agua tendrá un peso de 1000 kg y esa presión será aplicada en la zona más profunda del recipiente.

El cuarto principio está estrechamente relacionado con el anterior ya que la presión creada por un líquido también es directamente proporcional a la densidad. Tomando el mercurio como ejemplo, el cual tiene una densidad es 13,6 veces mayor que el agua, la presión creada por 1 metro de mercurio será 13,6 veces mayor que la presión creada por 1 metro de agua. Tanto el principio tres como el cuatro se pueden resumir en la siguiente fórmula:

$$P = w \times h$$

Dónde:

P = Presión (bar)

w = peso específico del líquido en kg / m^3 .

h = altura de la columna de agua en metros.

El último principio es generalmente el más difícil de entender. La presión desarrollada no está relacionada con el tamaño o la forma del recipiente, sino con la profundidad y densidad del líquido.

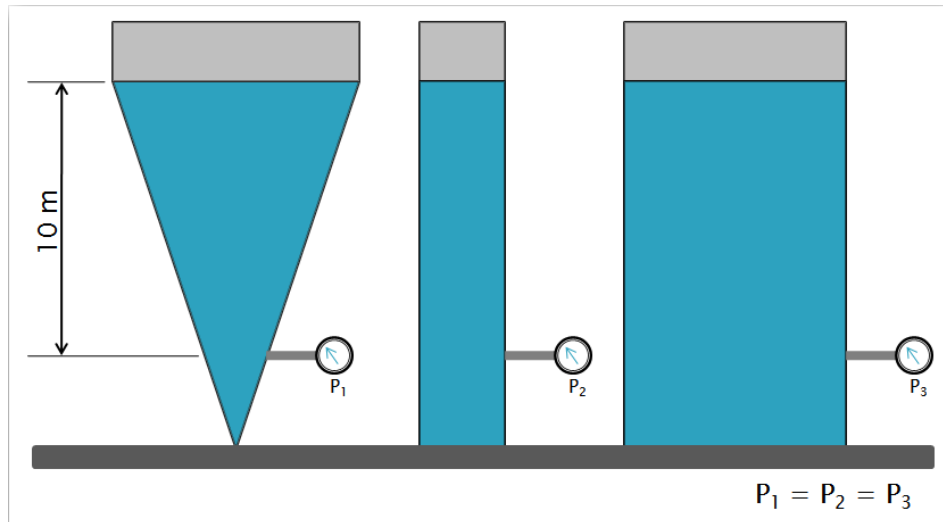


Figura 3-2 Presión independiente del tamaño o forma recipiente [11]

Es común escuchar cuando se habla de hidrostática que la presión se mide en términos de metro de columna de agua. Es una unidad de presión que equivale a la presión ejercida por una columna de agua pura de un metro de altura sobre la gravedad terrestre. Puede ser expresado por la siguiente formula:

$$h = P / w$$

3.3.2.2 Diseño de la densidad de descarga a través del sistema de rociadores

En este apartado se explicará cómo calcular la cantidad de agua que debemos aplicar sobre un área determinada a través del sistema de rociadores.

Dicho de otra manera, se trata de un volumen de agua esparcido sobre un área determinada en una unidad de tiempo.

Teniendo en cuenta las unidades de volumen, área y tiempo y sabiendo que un litro equivale a un dm^3 , se puede definir la densidad de aplicación en términos de milímetro por minuto.

En el caso de las instalaciones con alto riesgo de incendio, donde por ley se debe aplicar una densidad de descarga de 5mm/min, significa realmente que debemos aplicar 5 litros por metro cuadrado en un minuto, es decir, menos de la mitad de un cubo de agua sobre cada metro cuadrado cada minuto.

Con un ejemplo se mostrará cómo se calcula la cantidad de agua necesaria para proteger un espacio determinado.

Se tiene un espacio con un área de 216m^2 , el cual deberá estar protegido por 18 rociadores cubriendo cada uno de ellos 12m^2

Si cada uno de las 18 rociadores está descargando 5dm^3 por minuto se necesitará un flujo de agua de aproximadamente 1000 litros min que resulta de multiplicar $18 \times 12 \times 5$. Este dato será tenido muy en cuenta a la hora de calcular el tamaño de la tubería.

Por último si se conoce el área que debe cubrir un aspersion y la densidad requerida de diseño entonces se podrá utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Área} \times \text{Densidad} = \text{Cantidad} [11]$$

3.3.2.3 Principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli es de gran importancia a la hora de diseñar un sistema de contraincendios. Describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una corriente de agua. Explica que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) moviéndose a través de un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- cinética: es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
- potencial o gravitacional: es la energía debido a la altitud que posee un fluido.
- energía de presión: es la energía que un fluido posee debido a la presión que tiene aplicada.

La siguiente ecuación conocida como "ecuación de Bernoulli" (trinomio de Bernoulli) se puede expresar de la siguiente manera:

$$Z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = h$$

z = Altura o elevación Potencial

p = Presión

v = Velocidad

g = Aceleración de la gravedad

ρ = Densidad del fluido

h = Altura total

Si las pérdidas por fricción se ignoran, la altura total h , en la ecuación anterior será constante para cualquier punto en el fluido. Sin embargo, en la práctica esta energía se verá afectada debido al efecto de las bombas y las pérdidas por fricción por lo que debe ser incluido en la ecuación de Bernoulli. Todas las fórmulas aplicadas para el flujo de fluidos se derivan del teorema de Bernoulli con modificaciones a tener en cuenta debido a las pérdidas por fricción. [11]

3.3.2.4 Factor K

Cuando se empieza cualquier cálculo hidráulico para el diseño de un sistema de protección contra incendios, la fórmula del factor k es una fórmula que todo ingeniero dedicado al diseño de estos sistemas debe conocer y comprender. Permite calcular el caudal para cualquier tipo de boquilla (rociadores, agua nebulizada, lanza...) para los cuales existe un factor k específico.

La fórmula del factor k marca el comienzo de todo cálculo hidráulico para el diseño de sistemas de protección contra incendios

La descarga de un aspersor o boquilla puede calcularse a partir de la fórmula de más abajo:

$$q = k \times p \times 0.5$$

q = caudal en l / min

k = coeficiente de descarga de la boquilla o factor k para la cabeza en Lpm / bar^{0.5}

p = presión en bares

El programa utilizado para la realización de los cálculos, llamado FHC (Full Hydraulic calculations), proporciona el factor K para cualquier boquilla por lo que se podrá calcular el caudal necesario

El factor K también es de gran utilidad a la hora de calcular importantes valores como el caudal en una boca de incendios, una manguera o un monitor de espuma. De hecho, la lista es casi interminable y es por eso que es importante estar familiarizado con las fórmulas anteriores.

En la tabla que se muestra a continuación pueden observarse los diferentes valores de K que toman las boquillas de los rociadores dependiendo del tipo de incendio, el flujo de descarga o la presión de trabajo. [11]

EN12845 specifies the following k-factors for sprinkler heads

Hazard Class	Design Density mm/min	K-Factor Lpm/bar ^{0.5}	Minimum Pressure bar
Light Hazard	2.25	57	0.70
Ordinary Hazard	5.00	80	0.35
High Hazard Process	≤ 10	80 or 115	0.50
High Hazard Storage Ceiling or roof sprinklers	> 10	115	0.50
High Hazard Storage In-rack sprinklers	> 10	80 or 115	2.00

Tabla 7 Factor K de diferentes boquillas [12]

3.3.2.5 Fórmula Hazen Williams

La fórmula de Hazen Williams es una ecuación empírica muy utilizada en el cálculo de la pérdida de presión por fricción en tuberías para sistemas de rociadores. Esta ecuación utiliza el coeficiente C para especificar la rugosidad tubos.

Esta fórmula se ha extendido globalmente, es la más empleada para el diseño hidráulico de los sistemas de rociadores contra incendios y en casi todos los casos proporciona respuestas adecuadas. La fórmula Hazen William también se puede utilizar para el cálculo de los sistemas de agua nebulizada, donde la presión del sistema no sea superior a 12 bar (sistemas de agua nebulizada de baja presión) o la velocidad del agua no exceda de 7,6 m/s y el tamaño mínimo de la tubería sea de 20 mm en el caso de los sistemas de agua nebulizada intermedia y alta presión.

Gracias al software FHC (Full Hydraulic Calculations), se puede aplicar la fórmula de Hazen Williams la cual relaciona el caudal, el diámetro y el factor C de la tubería.

$$p = 6.05 \times \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}} \right) \times 10^5$$

Siendo:

p = pérdida de presión en bares por metro

Q = flujo a través de la tubería en L / min

C = coeficiente de pérdida por fricción C

d = diámetro interior de la tubería en mm

En la tabla que se muestra a continuación pueden observarse los diferentes valores que toma C en función del tipo de tubería. El valor de C representa la rugosidad de las tuberías. Cuanto mayor sea el valor de C menor será la pérdida debido a fricciones. [11]

Type of pipe	C ¹	C (EN 12845)	C (BS 9251)	C (NFPA 13)
Cast iron	64-130	100	-	-
Cement lined cast iron		130	-	140
Copper	130-140	140	140	150
Ductile iron	120	110	-	100
Galvanized steel	120	120	-	120
Mild steel	120-150	120	120	120
Mild steel (dry and preaction systems)		-	-	100
Plastic (CPVC, MDPE)	140-150	-	150	150
Spun cement		130	-	-
Stainless steel		140	-	150

References

¹ Brater E, King H, Lindell J, Wei C (Seventh Edition). Handbook of Hydraulics.: McGraw-Hill. 6.2-6.54.

Tabla 8 Valores de la constante C [12]

3.3.2.6 Velocidad del flujo en la tubería

Algunas normas que rigen el diseño de rociadores contra incendios, tales como la norma EN 12845 limitan la velocidad a través de tuberías y válvulas en estos sistemas; este es el caso de la norma EN 12845 sin embargo NFPA13 y NFPA 750 no contemplan ninguna restricción. El caso de la limitación de velocidad es que la fórmula de Hazen-Williams es poco precisa cuando trabaja con valores fuera de lo normal, por lo que las tuberías que se usan generalmente, comienzan a perder su validez cuando la velocidad varía respecto a su valor esperado.

La norma EN 12845 limita la velocidad a 6 m/s en las válvulas y a 10 m/s en cualquier otro punto del sistema.

La velocidad en la tubería puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$v = 21.22 \times \frac{Q}{d^2}$$

La siguiente tabla muestra los caudales máximos en litros por minuto que se pueden obtener a través de tuberías de acero con las restricciones de velocidad de la Norma EN12845. [11]

Nominal	EN 12845	EN 12845	EN 12845	EN 12845
Diameter	Series M	Series M	Series H	Series H
	6	10	6	10
20	133	222	119	198
25	211	351	249	416
32	366	611	335	558
40	496	827	459	765
50	797	1329	744	1240
65	1342	2237	1273	2122
80	1851	3084	1760	2934
100	3135	5225	3029	5048
150	6802	11336	6732	11220

Tabla 9 Caudales según norma EN 12845 [12]

3.3.2.7 Calculo Sistema de protección por rociadores y boquillas de agua

Por último y después de estudiar los principios teóricos en los que está basado el sistema de protección por rociadores y boquillas de agua pulverizada, se procederá a la realización de los siguientes cálculos:

- Sistema de extinción por rociadores del comedor de alumnos al ser esta zona la más desfavorable.
- Sistema de extinción por rociadores en la sala de máquinas.
- Cálculo de la bomba CI para dos mangueras situadas lo más alejadas posibles con boquillas tanto de 19mm como de 25mm

Estos cálculos han sido realizados a través del software FHC (Full Hydraulic Calculations) mencionado anteriormente, un software especializado en cálculos hidráulicos que es estándar en el ámbito naval y aceptado por las Sociedades de Clasificación.

3.3.2.7.1 Cálculo del sistema por rociadores en comedor de alumnos

El estudio se ha realizado en esta zona ya que es la más conflictiva y la que cuenta con mayor número de rociadores.

Los rociadores empleados cumplen con las normas vigentes, es decir, descargan a razón de 5 litros/min por m² y cubren una zona de cobertura de 12 m², tienen un diámetro de 10 mm y un factor K 80.

Full Hydraulic Calculations Computer Printout Page No 1

Project: JS Elcano comedor alumnos
Area ref: acomodación sprinkler cobertura 3.5x3.5
Hazard: Domestic Authority:
Factory Mutual
Source: 1106.1 l/min @ 1.653 bar Printout: 24-
febrero-16 at 20:33

Project Data and Design Parameters

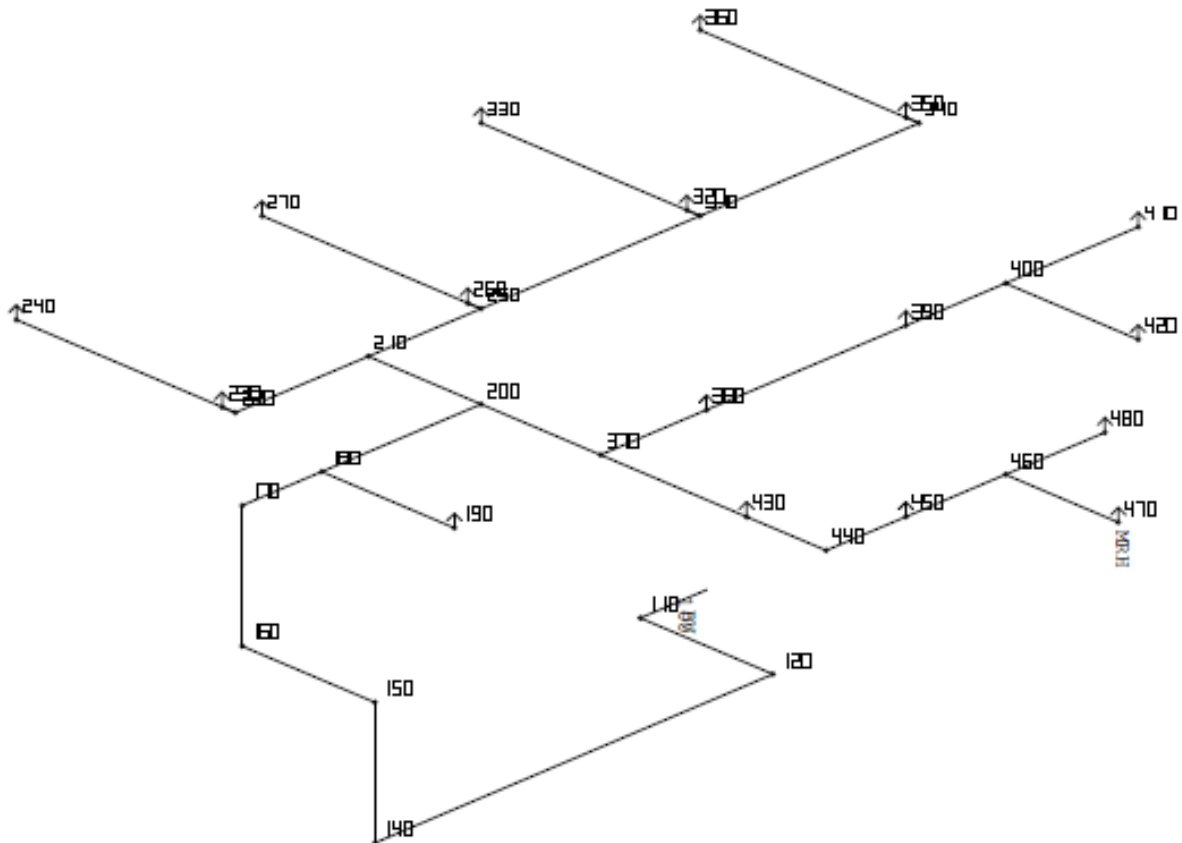
Project name : JS Elcano CI
Area reference : acomodación sprinkler cobertura 3.5x3.5
Address / location : ---
Project number : 1
Installation number(s) : 1
Drawing number(s) : ---
Issue no / date : ---
Designers reference : ZEA
Project Data File : C:\Users\ADMINI~1\Desktop\JSELCA~2.FHC
Hazard classification : Domestic
Design authority : National Fire Protection Association
Insurance company : Armada Española
Specified density of discharge : 5.00 mm/min (l/min/m²)
Assumed maximum area of operation : 204.00 m²
Number of operating sprinkler heads : 17
Maximum area covered per head : 12.00 m²
Highest head / nozzle above source : 5.00 m
Number of pipes in system : 34 from 25 to 100 mm
Pressure loss equation used : Hazen-Williams
Fluid : water
Pipe Data Table : EN_12845.PDT
Maximum fluid velocity : 2.33 m/s in pipe 200
Volume of pipework and fittings : 0.23 m³
Elbows are welded for : 65 mm and above
Comment : Comedor rociadores
Checked by & Date :

Source duty = 1106.1 l/min @ 1.653 bar at node no 100

Operating Sprinkler Heads, Nozzles and Hydrants

Head no	Node no	Size mm	'K' factor	Flow l/min	Area m ²	Density Req.d	mm/min Actual	Pressure Min	bar Actual	Height m	Pipe no
1	190	10.0	80.00	73.5	12.000	5.00	6.13	0.56	0.844	5.000	8
2	230	10.0	80.00	66.6	12.000	5.00	5.55	0.56	0.693	5.000	12
3	240	10.0	80.00	63.8	12.000	5.00	5.32	0.56	0.637	5.000	13
4	260	10.0	80.00	67.4	12.000	5.00	5.62	0.56	0.710	5.000	15
5	270	10.0	80.00	64.6	12.000	5.00	5.39	0.56	0.653	5.000	16
6	320	10.0	80.00	66.0	12.000	5.00	5.50	0.56	0.680	5.000	18
7	330	10.0	80.00	63.2	12.000	5.00	5.27	0.56	0.625	5.000	19
8	350	10.0	80.00	63.3	12.000	5.00	5.28	0.56	0.626	5.000	21
9	360	10.0	80.00	60.7	12.000	5.00	5.06	0.56	0.575	5.000	22
10	380	10.0	80.00	69.4	12.000	5.00	5.78	0.56	0.752	5.000	24
11	390	10.0	80.00	66.8	12.000	5.00	5.57	0.56	0.698	5.000	25
12	410	10.0	80.00	62.3	12.000	5.00	5.19	0.56	0.606	5.000	27
13	420	10.0	80.00	61.0	12.000	5.00	5.08	0.56	0.581	5.000	28
14	430	10.0	80.00	70.5	12.000	5.00	5.88	0.56	0.777	5.000	29
15	450	10.0	80.00	65.6	12.000	5.00	5.46	0.56	0.672	5.000	31
16	470	10.0	80.00	60.0	12.000	5.00	5.00	0.56	0.563	5.000	33
17	480	10.0	80.00	61.5	12.000	5.00	5.12	0.56	0.591	5.000	34

0 heads are under the required density / minimum pressures



A la vista de los resultados, será necesario el arranque de dos bombas contraincendios ya que hay que aportar un caudal de 1106 l/min y como se mencionó anteriormente las bombas del buque Juan Sebastián Elcano entregan un caudal de 666 l/min.

3.3.2.7.2 *Sistema de extinción por rociadores sala de máquinas*

En este caso la bomba contraincendios utilizada es la de proa situada en el pañol de velas. Esto es debido a que al ser un incendio que tiene lugar en la cámara de máquinas, no pueden utilizarse las bombas situadas en dicho espacio. A diferencia del cálculo anterior, las boquillas a utilizar en este caso son boquillas abiertas certificadas para su utilización en espacios de máquinas como las mostradas en el apartado 5.1.2.3. Tienen un factor K 6.0 y una presión de trabajo de 8 bar, y cubren un área de cobertura de 9m² a razón de 1,9 litros por min/m². Se trata de boquillas de agua pulverizada con tamaños de gota de spray de 200 micras (0,2 mm) [13]

Full Hydraulic Calculations Computer Printout Page No 1

	Project: Cámara Máquinas Juan Sebastián Elcano Number Area ref: Cámara Maquinas boquillas K6 cobertura 3x3 Hazard: High Hazard Authority: National Fire Protection Association Source: 274.3 l/min @ 8.911 bar Printout: 21-Febrero-16 at 22:13
--	--

Project Data and Design Parameters

```

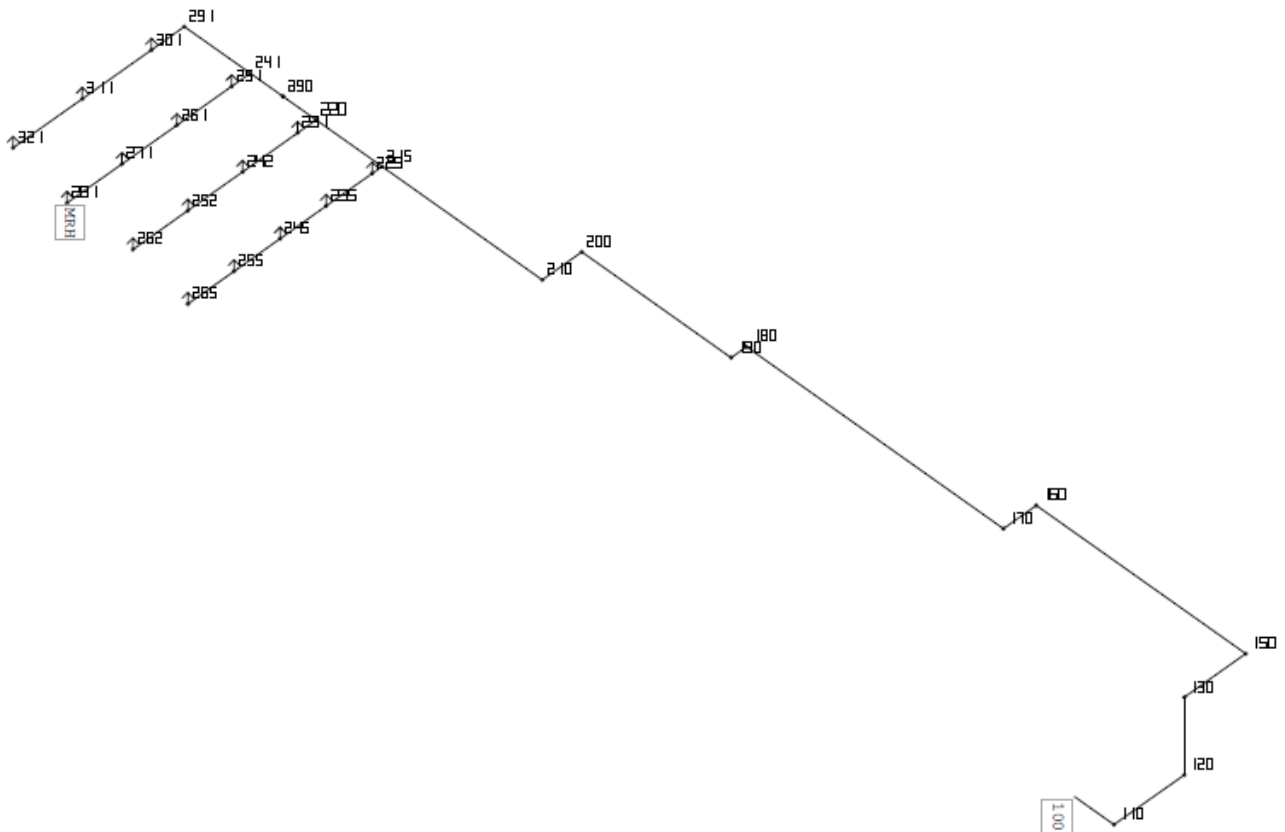
Project name : Cámara Máquinas Juan Sebastián Elcano
Area reference : Cámara Maquinas boquillas K6 cobertura 3x3
Address / location : ---
Project number : 2
Installation number(s) : 1
Drawing number(s) : ---
Issue no / date : ---
Designers reference : ZES
Project Data File : C:\FHC\JSELCANO\MQUINA~2.FHC
Hazard classification : High Hazard
Design authority : National Fire Protection Association
Insurance company : Armada Española DNV-GL
Specified density of discharge : 1.90 mm/min (l/min/m2)
Assumed maximum area of operation : 144.00 m2
Number of operating sprinkler heads : 16
Maximum area covered per head : 9.00 m2
Highest head / nozzle above source : 2.50 m
Number of pipes in system : 32 from 25 to 65 mm
Pressure loss equation used : Hazen-Williams
Fluid : water
Pipe Data Table : EN_12845.PDT
Maximum fluid velocity : 2.07 m/s in pipe 180 190
Volume of pipework and fittings : 0.19 m3
Elbows are welded for : 65 mm and above
Comment : Cálculo 1.9 l/min/m2
Checked by & Date :
    
```

Source duty = 274.3 l/min @ 8.911 bar at node no 100

Operating Sprinkler Heads, Nozzles and Hydrants

Head no	Node no	Size mm	'K' factor	Flow l/min	Area m ²	Density Req.d	mm/min Actual	Pressure Min	bar Actual	Heights m	Pipe no
1	251	15.0	6.00	17.2	9.000	1.90	1.91	8.00	8.173	2.500	15
2	261	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.142	2.500	16
3	271	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.127	2.500	17
4	281	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.123	2.500	18
5	301	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.163	2.500	20
6	311	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.144	2.500	21
7	321	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.139	2.500	22
8	231	15.0	6.00	17.2	9.000	1.90	1.91	8.00	8.196	2.500	23
9	242	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.164	2.500	24
10	252	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.149	2.500	25
11	262	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.145	2.500	26
12	225	15.0	6.00	17.2	9.000	1.90	1.91	8.00	8.247	2.500	27
13	235	15.0	6.00	17.2	9.000	1.90	1.91	8.00	8.201	2.500	28
14	245	15.0	6.00	17.2	9.000	1.90	1.91	8.00	8.174	2.500	29
15	255	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.162	2.500	30
16	265	15.0	6.00	17.1	9.000	1.90	1.90	8.00	8.158	2.500	31

0 heads are under the required density / minimum pressures



A la vista de los resultados se necesitará un caudal de 274 l/min a una presión de 8,9 bar.

Para instalar estas boquillas habría que instalar dos bombas de 17 m³/h cada una a 9 bar, serían una principal y otra de repuesto.

3.3.2.7.3 *Sistema de extinción dos mangueras más alejadas*

Para este caso se ha realizado el estudio para dos mangueras de 65 mm con boquillas de 19 y 25mm. Se han escogido aquellas que se encuentran más alejadas de las bombas contraincendios, las situadas en el castillo en la cubierta principal.

Full Hydraulic Calculations Computer Printout Page No 1

Project: JSElcano Number: 1 Area ref: Mas desfavorable Hazard: high hazard Authority: National Fire Protection Association Source: 515.6 l/min @ 4.304 bar Printout: 23-Febrero-16 at 08:50

Project Data and Design Parameters

```

Project name : JSElcano
Area reference : Mas desfavorable
Address / location : ---
Project number : 1
Installation number(s) : 1
Drawing number(s) : ---
Issue no / date : ---
Designers reference : ZEA
Project Data File : C:\Users\JorgeZea\Desktop\MAN19.FHC
Hazard classification : high hazard
Design authority : National Fire Protection Association
Insurance company : ARMADA ESPAÑOLA
Specified density of discharge : 0.00 mm/min (l/min/m2)
Assumed maximum area of operation : 0.00 m2
Number of operating sprinkler heads : 2
Maximum area covered per head : 0.00 m2
Highest head / nozzle above source : 7.50 m
Number of pipes in system : 9 from 50 to 80 mm
Pressure loss equation used : Hazen-Williams
Fluid : Water

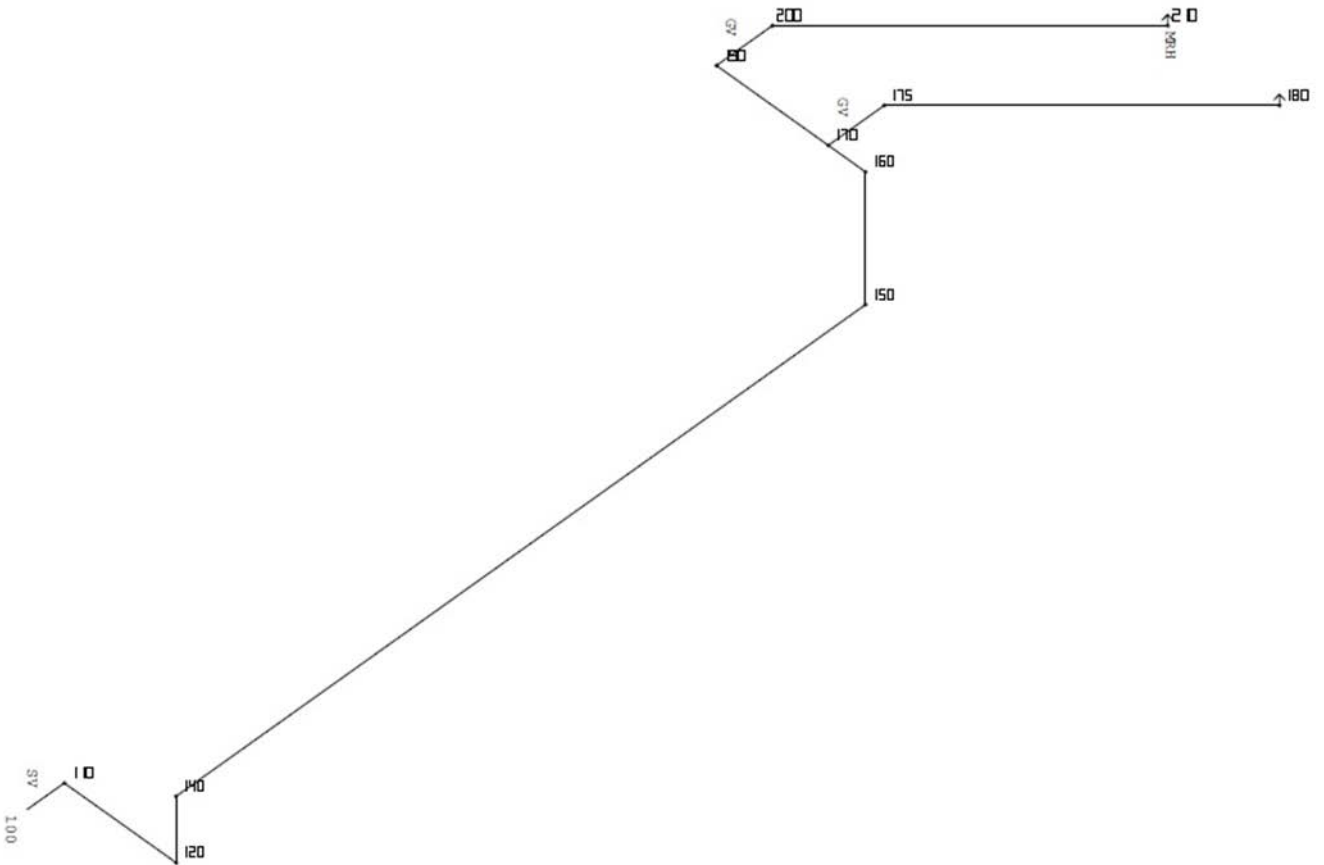
Pipe Data Table : STD_PIPE.PDT
Maximum fluid velocity : 2.32 m/s in pipe 120 140
Volume of pipework and fittings : 0.25 m3
Elbows are welded for : 65 mm and above
Comment : ---
Checked by & Date :
    
```

Source duty = 515.6 l/min @ 4.304 bar at node no 100

DISEÑO DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN C.I. EN EL B-E "JUAN SEBASTIÁN ELCANO"

Head no	Node no	Size mm	'K' factor	Flow l/min	Area m ²	Density mm/min	Req.d	Actual	Pressure bar	Min	Actual	Heights m	Pipe no
1	180	19.0	154.00	257.9	0.000	0.00	0.00	0.00	2.80	2.805	7.500	7	
2	200	19.0	154.00	257.7	0.000	0.00	0.00	0.00	2.80	2.800	7.500	9	

0 heads are under the required density / minimum pressures



A la vista de los resultados será necesario aportar un caudal mínimo de 515,5 l/min por lo que bastará con arrancar una bomba.

Full Hydraulic Calculations Computer Printout Page No 1

Project: JSElcano Mangueras 25
Number: 1
Area ref: Mas desfavorable
Hazard: high hazard
Authority: National Fire Protection Association
Source: 1346.3 l/min @ 4.670 bar
Printout: 25-Febrero-16 at 17:01

Project Data and Design Parameters

Project name : JSElcano Mangueras 25mm
Area reference : Mas desfavorable
Address / location : ---
Project number : 1
Installation number(s) : 1
Drawing number(s) : ---
Issue no / date : ---
Designers reference : ZEA
Project Data File : C:\Users\JorgeZea\DOCUME~1\TFG\CLCULO~1\JSELCA~3.F
Hazard classification : high hazard
Design authority : National Fire Protection Association
Insurance company : ARMADA ESPAÑOLA
Specified density of discharge : 0.00 mm/min (l/min/m²)
Assumed maximum area of operation : 0.00 m²
Number of operating sprinkler heads : 2
Maximum area covered per head : 0.00 m²
Highest head / nozzle above source : 7.50 m
Number of pipes in system : 11 from 65 to 100 mm
Pressure loss equation used : Hazen-Williams
Fluid : Water
Pipe Data Table : STD_PIPE.PDT
Maximum fluid velocity : 3.05 m/s in pipe 170 175
Volume of pipework and fittings : 0.63 m³
Elbows are welded for : 65 mm and above
Comment : Mangueras 15 mts cubierta castillo
Checked by & Date :

Source duty = 1346.3 l/min @ 4.670 bar at node no 100

3.3.3 Sistemas de extinción por gases

Antes de calcular los sistemas de extinción por gas se explicará brevemente dos conceptos como son el NOAEL Y EL LOAEL que son de vital importancia en los sistemas de extinción por gas, ya que nos dan una medida de la concentración máxima de un gas que debe existir para que el ser humano empiece a sentir efectos adversos.

El NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) podría definirse como el nivel de efecto adverso no observado.

El LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) es el nivel más bajo de efecto adverso observado.

3.3.4 Sistema de protección por CO₂.

En la tabla que se muestra a continuación se ha calculado la cantidad de CO₂ necesaria para la extinción de un fuego en diferentes espacios, el número de botellas y el tipo de botella adecuada para cada espacio

Espacio a proteger	Concentración de diseño %	Volumen neto m ³	Cantidad de CO ₂ kg	Nº de cilindros	Tamaño del cilindro kg
Camara de maquinas excluyendo guardacalor	40%	691	494	11	45
Camara de máquinas incluyendo guardacalor	35%	866	542	13	45
Pañol de munición	40%	8	6	1	10
Camara central	40%	26	19	1	20
Pañol de pinturas	40%	7,5	6	1	10
Camara de auxiliares	40%	55	40	1	45

Tabla 10 Extinción por CO₂

3.3.4.1 Superficie Mínima requerida para la Instalación de las Botellas de CO₂

La superficie ocupada por las botellas de CO₂ puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$S = N \times (\pi \times R^2)$$

Siendo:

S = Superficie ocupada por las botellas, expresada en m²

N = Número de botellas

R = Radio de las botellas, expresado en m.

Dado que las botellas de CO₂, de 45 K g de carga suelen tener un diámetro de 270 mm aproximadamente, resulta:

$$S = 13 \times (\pi \times 135^2) = 744322mm^2 = 0,74m^2$$

Si se colocan en hilera ocuparían una longitud de 3,5 mts y un ancho de 0,270. Teniendo en cuenta que hay que dejar un espacio como mínimo de medio metro a cada lado del local para permitir el movimiento de las botellas, se tendrían unas dimensiones finales de 4 metros de largo y 1 metro de ancho.

3.3.5 Sistema de protección por gas Novec en cámara de máquinas

El equipo y los sistemas de detección y extinción de incendios satisfarán los requisitos de:

- IMO MSC/Circ.848 y enmienda MSC.1/Circ.1267
- International Code for Fire Safety Systems (FSS), Chapter 9
- Reglas Det Norske Veritas Germanischer Lloyd I-Part 1, Chapter 2, Section 12 C

Los espacios a proteger con sistemas de NOVEC 1230 serán:

- Cámara de máquinas incluyendo plataforma
- Cabina de control
- Local de munición
- Cámara de auxiliares

Los volúmenes netos de los espacios a proteger se detallan a continuación.

Espacio a Proteger	Volumen Neto (m³)
Cámara de Máquinas inc. Guardacalor	866
Cabina de Control	26
Cámara de auxiliares	55
Pañol de Munición	8

Tabla 11 espacios protegidos por NOVEC 1230

3.3.5.1 Cálculos de la cantidad de gas en cámara de máquinas

Se realizarán los cálculos de cantidad de gas necesario según IMO MSC/Circ.848 y enmienda MSC.1/Circ.1267:

- Concentración de diseño: 5,85% del volumen neto del espacio a proteger calculado a la menor temperatura que se pueda presentar. El volumen neto a tener en cuenta incluirá también la sentina, el guarda calor y el aire de las botellas de aire a presión que pueden vaciarse en caso de incendio.

CALCULO DE Kg DE NOVEC NECESARIOS		
PARA UN VOLUMEN DETERMINADO Y A UNA TEMPERATURA		
A) TEORIA		
$W = (V / s) \times c / (100 - c)$		
W = PESO DEL AGENTE EN Kg		
V = VOLUMEN DE LA ZONA DE RIESGO A PROTEGER EN M3		
C = CONCENTRACION DE DISEÑO (% DE VOLUMEN)		
S = VOLUMEN ESPECIFICO (M3/Kg)		
Volumen especifico del vapor del HFC-227-EA FM-200 sobrecalentado a 1,013 bar, según expresion:		
$S = 0,0664 + 0,000274 \times T(^{\circ}C)$		
B) CALCULO		
1,- DATOS DE PARTIDA:		
V =	866	M3
T AMBIENTE =	0	°C
C =	5,85	PARA FUEGOS DE CLASE B SEGÚN IMO 848 CONCENTRACION DE DISEÑO DEL 5,85%
2,- CALCULO DE S:		
S =	0,07	
3,- PESO DEL AGENTE NECESARIO:		
M =	810,37	Kg

Tabla 12 NOVEC Cámara de máquinas

El Número Mínimo de Botellas se determinará mediante la aplicación de la fórmula siguiente

$$N = \frac{W}{w}$$

Siendo:

N = Número mínimo de botellas de NOVEC.

W = Peso de gas NOVEC mínimo requerido, expresado en kg.

w = Peso de gas NOVEC contenido en cada Botella, expresado en kg.

Seleccionando Botellas de 147 litros (162 Kg) y sustituyendo en la formula anterior:

$$N = \frac{810,37}{162} = 5,00$$

Se redondeará 6 para poder cumplir con la legislación.

La Superficie ocupada por las Botellas de NOVEC puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$S = N \times (\pi \times R^2)$$

Siendo:

S = Superficie ocupada por las Botellas, expresada en m²

N = Número de Botellas

R = Radio de las Botellas, expresado en m

Dado que las Botellas de NOVEC, de 100 litros de carga suelen tener un diámetro de 406 mm aproximadamente, resulta:

$$S = 6 \times (\pi \times 203^2) = 776,771mm^2 = 0,776m^2$$

Si se colocan en hilera ocuparían una longitud de 2,43 mts y un ancho de 0,406 mts. Teniendo en cuenta que hay que dejar un espacio como mínimo de medio metro a cada lado del local para permitir el movimiento de botellas, se tendrían unas dimensiones finales de 3 metros y 1 metro de ancho.

3.3.5.2 Cálculos de la cantidad de gas en cabina de control

CÁLCULO DE Kg DE NOVEC NECESARIOS		
PARA UN VOLUMEN DETERMINADO Y A UNA TEMPERATURA		
A) TEORIA		
$W = (V / s) \times c / (100 - c)$		
W = PESO DEL AGENTE EN Kg		
V = VOLUMEN DE LA ZONA DE RIESGO A PROTEGER EN M3		
C = CONCENTRACION DE DISEÑO (% DE VOLUMEN)		
S = VOLUMEN ESPECIFICO (M3/Kg)		
Volumen especifico del vapor del HFC-227-EA FM-200 sobrecalentado a 1,013 bar, según expresion:		
$S = 0,0664 + 0,000274 \times T(^{\circ}C)$		
B) CÁLCULO		
1,- DATOS DE PARTIDA:		
V =	26	M3
T AMBIENTE =	0	°C
C =	5,85	PARA FUEGOS DE CLASE B SEGÚN IMO 848 CONCENTRACION DE DISEÑO DEL 5,85%
2,- CÁLCULO DE S:		
S =	0,07	
3,- PESO DEL AGENTE NECESARIO:		
M =	24,33	Kg

Tabla 13 NOVEC Cabina de control

A la vista de los datos con una botella de 32 litros cargada con 25 Kg de Novec bastaría.

3.3.5.3 Cálculos de la cantidad de gas en auxiliares

<u>CALCULO DE Kg DE NOVEC NECESARIOS</u>		
<u>PARA UN VOLUMEN DETERMINADO Y A UNA TEMPERATURA</u>		
A) TEORIA		
$W = (V / s) \times c / (100-c)$		
W= PESO DEL AGENTE EN Kg		
V=VOLUMEN DE LA ZONA DE RIESGO A PROTEGER EN M3		
C=CONCENTRACION DE DISEÑO (% DE VOLUMEN)		
S= VOLUMEN ESPECIFICO (M3/Kg)		
Volumen especifico del vapor del HFC-227-EA FM-200 sobrecalentado a 1,013 bar, según expresion:		
$S = 0,0664 + 0,000274 \times T(^{\circ}C)$		
B)CALCULO		
1,- DATOS DE PARTIDA:		
V =	55	M3
T AMBIENTE =	0	°C
C =	5,85	PARA FUEGOS DE CLASE B SEGÚN IMO 848 CONCENTRACION DE DISEÑO DEL 5,85%
2,-CALCULO DE S:		
S =	0,07	
3,-PESO DEL AGENTE NECESARIO:		
M =	51,47	Kg

Tabla 14 NOVEC Cámara de auxiliares

A la vista de los datos sería necesaria una botella de 52 litros cargada con 52 Kg de Novec.

3.3.5.4 Cálculos de la cantidad de gas en pañol de munición

CALCULO DE Kg DE NOVEC NECESARIOS			
PARA UN VOLUMEN DETERMINADO Y A UNA TEMPERATURA			
A) TEORIA			
W= (V / s) X c / (100-c)			
W= PESO DEL AGENTE EN Kg			
V=VOLUMEN DE LA ZONA DE RIESGO A PROTEGER EN M3			
C=CONCENTRACION DE DISEÑO (% DE VOLUMEN)			
S= VOLUMEN ESPECIFICO (M3/Kg)			
Volumen especifico del vapor del HFC-227-EA FM-200 sobrecalentado a 1,013 bar, según expresion:			
S= 0,0664 + 0,000274 x T(°C)			
B)CALCULO			
1,- DATOS DE PARTIDA:			
V =	8	M3	
T AMBIENTE =	0	°C	
C =	5,85	PARA FUEGOS DE CLASE B SEGÚN IMO 848 CONCENTRACION DE DISEÑO DEL 5,85%	
2,-CALCULO DE S:			
S =	0,07		
3,-PESO DEL AGENTE NECESARIO:			
M =	7,49	Kg	

Tabla 15 NOVEC Pañol de munición

A la vista de los datos sería necesaria la instalación de una botella de 8 litros cargada con 8Kg de gas Novec.

3.3.5.6 Distribución de cilindros

En el sistema de extinción de cámara de máquinas los cilindros se alojarán distribuidos de forma que cubra un volumen proporcional a su carga y a las boquillas calibradas en función de los cálculos de descarga.

La distribución de los cilindros y el sistema de disparo cumplirá las indicaciones de la norma IMO MSC/Circ.848 punto 11: Las líneas de disparo deberán estar duplicadas y dispararán todas las botellas al mismo tiempo. La disposición de las líneas de disparo se hará de tal forma que aún en el caso de fallo de una línea, se asegure la descarga de al menos cinco sextas partes de la cantidad total de gas.

Esto implica una cantidad suplementaria de botellas en 1/6. Se ha de contemplar que si se descarga la totalidad del gas (situación normal sin hay fallos) no se supere el NOAEL (10% en caso del Novec) a la temperatura más alta que pueda presentar la cámara de máquinas. En este caso una botella más en la cámara de máquinas supone 1/5, esto es un 20 % más de concentración sobre los 5,85 de concentración de diseño con lo que llegaría al 7% existiendo un margen de seguridad considerable hasta el Noael

En los espacios pequeños como la cabina de control, local de generador de emergencia y local de munición si no se puede cumplir fácilmente la anterior regla, se ubicará la botella fuera del espacio a proteger, en un local reservado para este uso.

Se monitorizará la presión en los cilindros de NOVEC, en cada botella mediante manómetro incorporado en la válvula y además un presostato o un sensor de nivel tipo LLI enviará señal en caso de bajada de presión y se dará alarma sonora y visual bien en el puente, cabina de control o local donde se centralicen los sistemas contra-incendios.

3.3.5.7 Sistema de disparo

El disparo de los cilindros de NOVEC se realizará a distancia desde el exterior del espacio a proteger, en un local central de control. En el local se ubicarán las paradas de emergencia y estará cerca de la salida principal de la cámara de máquinas. Será posible acceder de forma segura en caso de incendio.

Los controles para realizar el disparo estarán alojados en cajas armario con cerradura, la llave estará en una caja con frontal de cristal para evitar disparos adicionales.

Las cajas de disparo estarán claramente identificadas con el espacio que protegen. Cerca de las cajas de disparo se colocarán carteles con breves instrucciones de funcionamiento.

Señales audibles y visuales avisarán de un fallo en las fuentes de suministro.

Las líneas eléctricas de disparo dentro del espacio a proteger serán resistentes al fuego de acuerdo con la norma IEC60331.

El sistema de alarmas sonará en los espacios a proteger 20 segundos antes de producirse la descarga. Pueden accionarse al abrir la puerta de la caja de disparo.

La alimentación eléctrica de las alarmas será doble: principal y emergencia.

Los componentes del sistema: tuberías, accesorios y acoplamientos deberán cumplir con las especificaciones de presión clase II. En caso de instalar colectores o tubería de distribución se cumplirán los requisitos de la Sociedad de Clasificación.

4 RESULTADOS

Como resultados del proyecto se puede señalar en primer lugar un resumen de la normativa aplicable tal como se puede ver en el apartado 3.1.

Una vez que están claros los requisitos de la normativa se ha procedido al cálculo de varias alternativas de sistemas de protección contraincendios. Estos cálculos se han resumido en la tabla 12.

4.1 Sistema general de agua contraincendios

Se ha diseñado y calculado el sistema general de contraincendios por agua, hay que señalar que no difiere en gran medida a la existente en la actualidad, si bien el caudal necesario para las boquillas de las mangueras de agua exige el funcionamiento simultáneo de dos bombas. La solución puede ser utilizar boquillas de diámetro menor, según el estándar SOLAS y las reglas de las sociedades de clasificación bastaría con 19 mm. En el cálculo de dos mangueras con boquillas de 19 mm se ha comprobado que el caudal necesario solo exige el funcionamiento de una bomba.

4.2 Rociadores en acomodación

Se ha diseñado y calculado la sección más desfavorable de rociadores en acomodación: comedor de alumnos, se han utilizado rociadores cerrados con disparo automático por ampolla, el cálculo del caudal de agua necesario es de 1106 litros/min y exige el funcionamiento simultáneo de dos bombas contraincendios.

Cabe destacar que el sistema actual del J.S. Elcano es de tubería seca con rociadores abiertos lo que presenta un gran inconveniente: para realizar la extinción de un incendio hay que conectar mediante una manguera una válvula hidrante de suministro de agua que proviene de las bombas contraincendios en máquinas con la válvula hidrante correspondiente al espacio a proteger. Esta operación puede llevar tiempo e incluso se puede llevar a errores. El sistema que se propone es el habitual, la tubería esta presurizada y los rociadores se dispararán automáticamente por temperatura. Para que el sistema funcione de forma adecuada al menos la bomba principal deberá arrancar si se produce una caída de presión.

4.3 Extinción de incendios en máquinas y otros espacios

Se han diseñado y calculado varias opciones para la protección de la cámara de máquinas, cabina de control, auxiliares y pañoles tanto de pintura como de munición

4.3.1 Extinción por gas CO₂

Se ha llevado a cabo el diseño y cálculo del sistema de extinción de incendios con CO₂, el sistema existente en la actualidad utiliza botellas de CO₂ situadas en el guardacalor lo que no es admitido por el SOLAS y las Sociedades de Clasificación. El CO₂ es un gas muy sensible a la temperatura y su presión se incrementa considerablemente con el incremento de temperatura. Por otra parte en caso de fallo en el accionamiento remoto del sistema sería difícil entrar en un guardacalor inundado de humo, gases tóxicos derivados de la combustión para disparar las botellas manualmente. Como última desventaja se puede señalar la toxicidad del CO₂ en concentraciones inferiores a la de diseño.

4.3.2 Extinción por gas Novec.

Se ha diseñado y calculado la extinción de incendios por gas Novec en los espacios mencionados anteriormente. Si bien este gas no es tóxico y su efectividad es comparable al CO₂ tiene varios inconvenientes: su precio, y la dificultad de encontrar una empresa que pueda hacer el mantenimiento o la reparación en caso de fuga o disparo accidental. Esta situación es problemática en el caso del JS Elcano debido a que en sus cruceros no siempre recalca en puertos principales.

Sí que puede ser interesante la instalación de este sistema en espacios menores como la cabina de control o el pañol de munición ya que con una botella bastaría para extinguir un incendio, e incluso se puede disponer de una botella de repuesto en caso de fugas o disparos accidentales.

4.3.3 Extinción de incendios por agua pulverizada

Por último se ha realizado el diseño y cálculo del sistema de extinción de incendios por agua nebulizada en la cámara de máquinas. Este sistema presenta importantes ventajas: la facilidad de obtención de agua y que no es necesaria la evacuación del compartimento como ocurría con el sistema de CO₂. El sistema de agua pulverizada contiene rápidamente el fuego y lava los humos de la capa superior, facilitando incluso la intervención en un primer momento con medios portátiles como un extintor o mangueras y evitar que el incendio pase a ser de grandes proporciones.

El cálculo obtenido muestra que se necesitaría un caudal de 274 l/min a una presión de 8,9 bares. Como las bombas instaladas a bordo del Juan Sebastián Elcano no pueden ofrecer esta presión, se sugiere la instalación de dos bombas de 17m³/h situadas en un compartimento diferente al de máquinas. Se propone la instalación de una bomba Motivec ITUR 15/10 que cumpliría con estos requerimientos, el coste de estos equipos es asumible y se rentabilizaría al reducir el importe que supone el mantenimiento y pruebas periódicas del sistema de CO₂.

Sistema General contraincendios

Diametro del colector principal de sentinas	90,70 mm
Capacidad bomba de sentinas	47,30 m3/h
Bomba principal contraincendios	Caudal
19 mm	47 m3/h
25 mm	84,21 m3/h
Bomba de emergencia	Caudal
19 mm	18,8 m3/h
25 mm	33,7 m3/h
Diametro colector sistema contraincendios	103 mm

Sistema de protección por rociadores y boquillas de agua	Caudal	Presión
Comedor de alumnos	66,36 m3/h	0,56 bar
Sala de máquinas	16,46 m3/h	8 bar
Dos mangueras		
19mm	31 m3/h	2,8 bar
25mm		

Sistema de extinción por gases

Protección por CO2	Cantidad de CO2 (kg)	Nº botellas	Superficie	Dimensiones local
Camara de máquinas	542	13	0,75 m2	4 mts largo x 1 mts ancho
Pañol de munición	6	1		
Cabina de control	19	1		
Pañol de pinturas	6	1		
Cámara de auxiliares	40	1		

Protección por gas Novec	Cantidad de gas Novec (Kg)	Nº botellas	Superficie	Dimensiones local
Cámara de máquinas	810,37	6	0,5m2	3 mts largo x 1 mts ancho
Cabina de control	24,33	1		
Pañol de munición	7,49	1		

Tabla 16 Resumen de los cálculos de los sistemas contraincendios

4.4 Planos generales de medios de seguridad y sistemas contraincendios.

Como resultado final del presente trabajo se han elaborado planos de la disposición general del JS Elcano en los que se recogen los sistemas fijos y portátiles de protección contraincendios en cada cubierta. Dichos planos se encuentran en el Anexo 1.

5 CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

La normativa de seguridad en buques es muy completa y evoluciona continuamente, la Organización Marítima Internacional (IMO) con sus Comités de Seguridad Marítima (MSC) mejoran las normas en función de la investigación de siniestros, los nuevos desarrollos tecnológicos, sugerencias de expertos de la industria, etc...

Analizar la normativa de seguridad y prevención de incendios existente es un trabajo arduo, se ha tratado de realizar de una forma rigurosa y se han resumido los requisitos más importantes.

La elección de las alternativas de protección es también una labor difícil, las particularidades de cada buque y la disponibilidad de presupuesto condicionan la toma de decisiones a este respecto.

El diseño y cálculo de los medios de las instalaciones de protección se ve facilitada en gran medida por varios motivos: La normativa IMO especifica los requisitos de forma detallada, los manuales de diseño de los fabricantes, generalmente grandes multinacionales y la existencia de software para cálculo de pérdidas de carga en tuberías de agua y de gases.

El Buque Escuela Juan Sebastián Elcano es un velero singular con una gran historia, incorporar equipos es una labor difícil, sus interiores de madera presentan un espacio reducido para nuevas instalaciones ya que en el momento de su construcción no existían muchos de los equipos que hoy forman parte de un buque.

Se ha procurado elegir y diseñar sistemas de protección de incendios con una instalación y mantenimiento lo más sencilla posible.

5.2 Líneas futuras

Como línea futura de utilidad para el J.S.Elcano se sugiere la confección de un completo plano de medios de seguridad con inventario de todos los elementos por cubierta.

También sería de utilidad la continua revisión de las manuales de doctrina y procedimientos que afectan a los medios de SI.

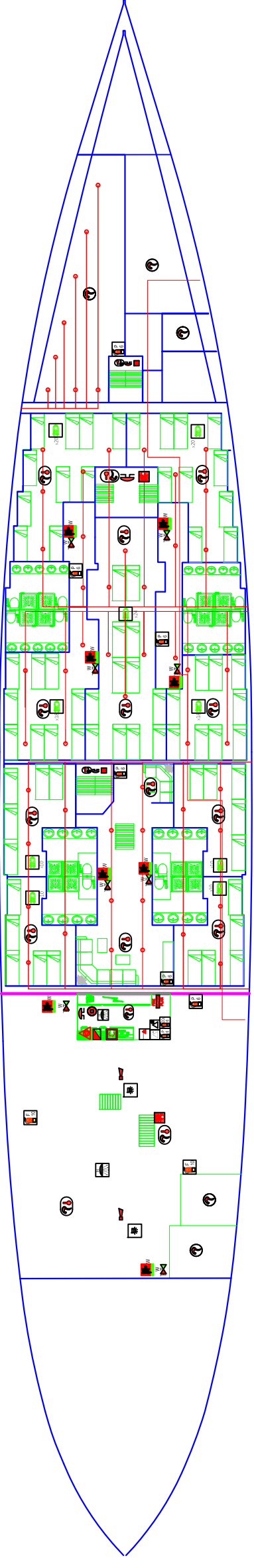
Sería interesante también la realización de trabajos similares de estudio de cumplimiento de requisitos de seguridad en otros buques con cierta antigüedad en los que algunas instalaciones han perdido operatividad, evaluando las mejores alternativas para su reemplazo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. International Maritime Organization, «IMO,» 2015 . [En línea]. Available: <http://www.imo.org/>.
- [2] I. A. o. C. S. L. Londres, 2015. [En línea]. Available: <http://www.iacs.org.uk/>.
- [3] L. Lloyd's Register Group, «LR,» 2016 . [En línea]. Available: <http://www.lr.org/en/who-we-are/heritage/brief-history/>.
- [4] «www.boletínpatron.com,» [En línea]. Available: <http://boletinpatron.com/index.php/85-aniversario-de-la-botadura-del-juan-sebastian-elcano/>. [Último acceso: 15 01 2016].
- [5] «www.faro de vigo.es,» [En línea]. Available: <http://www.farodevigo.es/portada-pontevedra/2011/09/01/caballero-borbon-marin/576304.html>. [Último acceso: 15 01 2016].
- [6] «www.wikipedia.com,» [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Juan_Sebasti%C3%A1n_Elcano_\(A-71\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Juan_Sebasti%C3%A1n_Elcano_(A-71)). [Último acceso: 15 01 2016].
- [7] A. Española, I-CP-01, 2014.
- [8] J. C. Santamaría, «uca.es,» Octubre 2008. [En línea]. Available: <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6376/b34207971.pdf?sequence=3>. [Último acceso: 15 Enero 2016].
- [9] A. Española, Libro de información general del servicio de máquinas, 2013.
- [10] G. L. SE, Rules for Classification and Construction, Hamburgo, 2012.
- [11] «www.canutesoft.com,» [En línea]. Available: <http://www.canutesoft.com/Basic-hydraulic-calculation-for-fire-protection-engineers/hydrostatics-and-hydraulic-calculations.html>. [Último acceso: 21 02 2016].
- [12] AENOR, UNE EN 12845, 2010.
- [13] T. f. s. & b. products, «www.tyco-fire.com,» [En línea]. Available: https://www.tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP171_11_2015.pdf. [Último acceso: 27 02 2016].
- [14] «wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/NOAEL>. [Último acceso: 06 02 2016].
- [15] «wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/LOAEL>. [Último acceso: 06 02 2016].
- [16] pefipresa, «www.pefipresa.com,» [En línea]. Available: <http://www.pefipresa.com/archivos/1284019084sistemas-de-extincion-mediante-novec-1230.pdf>. [Último acceso: 06 02 2016].
- [17] «Web de La Moncloa,» [En línea]. Available: <http://www.lamoncloa.gob.es>. [Último acceso: 13 enero 2015].
- [18] VID Fire-Kill, *Water Mist Nozzles*, Svendborg, DK , 2015 .

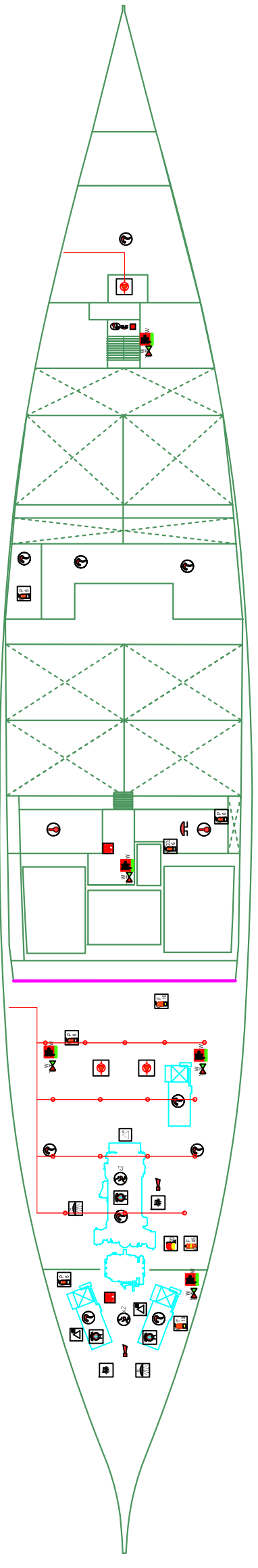
- [19] Novenco Fire Fighting Solutions . Wilhemsen Technical, *Novenco Xflow*, Odense, DK, 2016.
- [20] Semco Danfoss A/S , *SemSafe*, Odense, DK, 2016.

ANEXO 1: PLANOS GENERALES DE MEDIOS DE SEGURIDAD Y SISTEMAS CONTRA INCENDIOS.



SÍMBOLO SYMBOL	DESIGNACIÓN DENOMINATION	CANT. QUANT
	CABLEO SALIDAS DE ALARME	275
	BUSCA SALVAVIDA PARA 3 PERSONAS LITERALS FOR 3 PEOPLE	2
	ALARMAS DE INCENDIO FIRE ALARMS	8
	RELOJ DE MARCHA DE INGENIEROS AUXILIARES FIRST AID MEDICAL KIT	2
	RODADERO	149
	HICHA FOR KEY	2
	PLANTAS DE SALVAMENTO Y C/1 (EMERGENCIAS) SAFETY AND FIRE (EMERGENCY PLANFORM)	2
	CAMPANA DE ALARMA (ALARM BELL) GEM/ALARM BELL	16
	SEÑALES DE ALARMA ELECTRICAL SIREN	4
	LUGAR ROTACION DE ALARMA DE INCENDIO FIRE ALARM ROTATION POINT	4
	RELOJES DE ALARMA GENERAL POSITION OF FIRE ALARM BELL	1
	PUNTO DE LLAMADA MANUAL MANUALLY OPERATED CALL POINT	24
	DETECTOR DE FUMOS SMOKE DETECTOR	19
	DETECTOR DE CALOR HEAT DETECTOR	2
	DETECTOR DE LLAMA FLAME DETECTOR	8
	DETECTOR DE HAMBURCADOR SMOKE/HEAT DETECTOR	94
	BOMBAS GENERALES DE CONTRAINCENDIOS FIRE GENERAL SERVICE PUMPS	3
	APLICACION LOCAL SISTEMA C.I. LOCAL APPLICATION POINT SYSTEM	4
	LOCAL PROTEGIDO CON SIST. C.I. DE INMERSION TOTAL (MÓDULO C.I.) PROTECTED LOCAL WITH TOTAL IMMERSION SYSTEM (C.I. MODULE)	6
	CO2 CON INMERSION TOTAL (MÓDULO C.I.) TOTAL IMMERSION CO2 WITH TOTAL IMMERSION SYSTEM (C.I. MODULE)	1
	APLICADOR PORTÁTIL DE ESPUMA PORTABLE FOAM APPLICATION UNIT	1
	EXTINTOR PORTÁTIL DE ESPUMA DE JERINGA FOAM PORTABLE FIRE EXTINGUISHER OF SYRINGE	4
	EXTINTOR PORTÁTIL DE CO2 DE 5 KG. CO2 PORTABLE FIRE EXTINGUISHER OF 5 KG.	7
	EQUIPO DE EXTINCIÓN DE INCENDIO PARA FREDDOMAS FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT FOR FOAM	1
	WHEELD FIRE EXTINGUISHER (FOAM TYPE OF 25 L)	1
	EXTINTORES PORTÁTILES DE POLVO SECO DE 6 KG. DRY POWDER PORTABLE FIRE EXTINGUISHER OF 6 KG.	27
	EXTINTOR CON BRIDAS + DE ESPUMA DE 45 L. WHEELD FIRE EXTINGUISHER - FOAM TYPE OF 45 L.	1
	MÁQUINA CON LINEAS DE DOBLE EFECTO FIRE HOSE PROVIDED WITH SPRAY AND WITH DOUBLE EFFECT	28
	HERMÉTICO FIRE HOSEKIT	28
	RELOJES DE ALARMA DE INCENDIO FIRE EXTINGUISHING SIREN	1
	PANEL DE ALARMA DE INCENDIO FIRE ALARM PANEL	1
	CONTROL REMOTO DE LAS BOMBAS DE C.I. REMOTE CONTROLLED FIRE PUMP	1
	PARADA DE EMERGENCIA PARA EL MOTOR EMERGENCY STOP MAIN ENGINE	2
	PARADA DE EMERGENCIA DE GENERADORES EMERGENCY STOP AUX ENGINES	3
	COMPRESOR DE AIRE PARA APARATOS DE RESPIRACION AIR COMPRESSOR FOR RESPIRATORY EQUIPMENT	2

EQUIPO DE SALVAMENTO - SAFETY EQUIPMENT



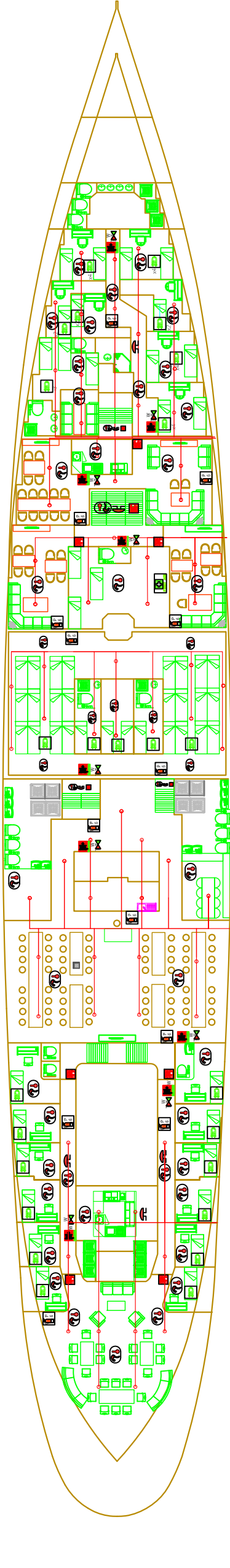
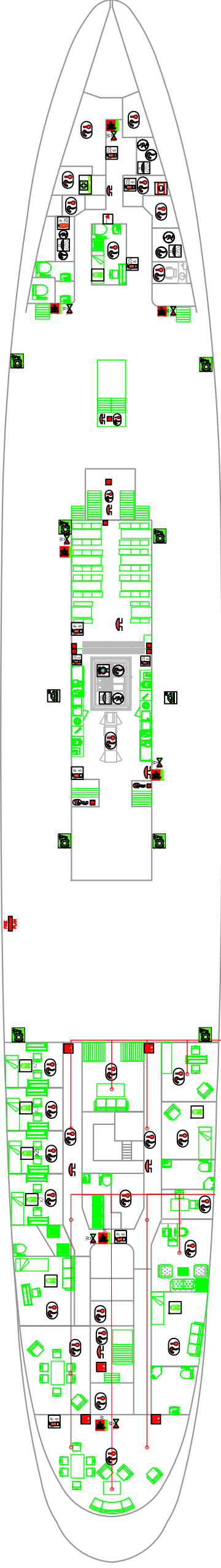
ELEMENTOS DE PROTECCION CONTRAINCENDIOS - FIRE PROTECTION APPLANCES

Dibujado	A.F. ZEA	Nombre	Buque Escuela Juan Sebastián Elcano		
Comprob.	RBR	Grupo	1	Nº	1
Escala	Formato A3	Designación	PLANOS CONTRAINCENDIOS CUBIERTA BODEGA CUBIERTA BAJA		

CUD - ENM

Lámina
Nº 1





SYMBOL	DESCRIPTION	QTY
[Symbol]	REINFORCED GLASS	275
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2
[Symbol]	REINFORCED GLASS	8
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2
[Symbol]	ROCCADOR	149
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2
[Symbol]	REINFORCED GLASS	16
[Symbol]	REINFORCED GLASS	4
[Symbol]	REINFORCED GLASS	4
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	24
[Symbol]	REINFORCED GLASS	19
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2
[Symbol]	REINFORCED GLASS	8
[Symbol]	REINFORCED GLASS	94
[Symbol]	REINFORCED GLASS	3
[Symbol]	REINFORCED GLASS	4
[Symbol]	REINFORCED GLASS	6
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	4
[Symbol]	REINFORCED GLASS	7
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	27
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	28
[Symbol]	REINFORCED GLASS	28
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	1
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2
[Symbol]	REINFORCED GLASS	3
[Symbol]	REINFORCED GLASS	2

EQUIPO DE SALVAMENTO - SAFETY EQUIPMENT

Dibujado	A.F.ZEA	Nombre	Buque Escuela Juan Sebastián Elcano		
Comprob.	RBR	Grupo	1	Nº	1
Escala	Formato A3	Designación	PLANOS CONTRAINCENDIOS CUBIERTA SUPERIOR CUBIERTA PRINCIPAL		

CUD - ENM

Lámina
Nº 2



ANEXO 2: NORMATIVA NATO NSC Y DNV-GL

Antes de entrar en detalle se realizará una enumeración de las diferentes normativas existentes:

- Nato Naval Ship Code
- Solas (IMO)
- FSS code
- Normativa de las sociedades clasificadoras DNV-GL, ABS, Lloyds Register, Bureau Veritas.

En este apartado realizaremos un resumen de los requerimientos existentes sobre seguridad, en especial nos centraremos en la NATO NSC y DNV-GL por ser esta última la sociedad con más buques clasificados en Europa.

Cableado eléctrico.

Temperatura

En aquellos lugares donde se espera que la temperatura ambiente sea elevada, los cables a utilizar deberán soportar 10°C más de la temperatura esperada en estos espacios.

Los cables que se encuentren en los alrededores de los motores diésel, turbinas o calderas deberán seguir rutas específicas para evitar estar sometidos a temperaturas demasiado elevadas. Si esto último es inevitable, los cables utilizados estarán homologados para soportar las mayores temperaturas esperadas en estos espacios.

Aplicación de cables resistentes al fuego.

Aquellos cables específicos contra el fuego, que son utilizados en los servicios que enumeraremos a continuación, incluyendo sus fuentes de alimentación y que pasan por lugares con elevado riesgo de incendio, serán dispuestos de tal modo que si se produjera un incendio en cualquiera de estas áreas o zonas no se vería afectada la operación del servicio en cualquier otra área o zona. Esto se llevara a cabo por cualquiera de los dos métodos siguientes:

- Mediante la utilización de cables con capacidad de aislamiento térmico de acuerdo con la publicación IEC 60331 para cables con diámetro mayor de 20 mm, los cuales serán instalados a lo largo de estas áreas con el objetivo de mantener la integridad al fuego dentro de la zona de alto riesgo de incendio.
- Se instalarán al menos dos circuitos independientes y tan separados como sea posible y dispuestos de manera que si se produjese un incendio un circuito siga estando operativo.

Los servicios de emergencia que deben seguir funcionando en caso de incendio y que deben de utilizar los mecanismos anteriormente citados son:

- Sistemas de incendios y de alarma general.
- sistemas de extinción de incendios y extintores de incendios a medianas
- sistema de detección de incendios
- sistemas de control y potencia a las puertas contra incendios de accionamiento a motor y de indicación de estado para todas las puertas contra incendios

- sistemas de control y alimentación a las fuentes Las puertas estancas y su indicación de estado
- iluminación de emergencia
- sistema de megafonía
- bomba de emergencia
- arreglos de parada / apagado de emergencia remoto para los sistemas que pueden apoyar la propagación de un incendio y / o explosión. [10]

Sistemas de seguridad en los buques

Detectores y alarmas contra incendios

Tanto los detectores de incendios como las alarmas contra incendios deben de estar homologados

El panel central de la alarma contra incendios debe encontrarse en el puente o en la estación principal de control de incendios.

Se indicará en el panel central de la alarma contra incendios la ubicación donde se ha producido el incendio.

La señal deberá ser óptica y audible y continuará sonando hasta que haya conocimiento de ella en la cámara central. Deberá existir un repetidor en el puente.

En el caso de que no existiese conocimiento de la alarma de incendios en los dos primeros minutos, automáticamente una alarma acústica empezara a sonar a lo largo de todo el buque comprendiendo espacios como acomodación, sala de máquinas, lavabos etc... Esta alarma sería independiente del sistema de detección de incendios. La alarma general de emergencia se utilizaría para este propósito.

En cuanto a los detectores de humo, los cuales deberán estar situados en escaleras, pasillos, rutas de escape y acomodación, deberán estar certificados para operar antes de que la densidad del humo exceda un 12,5% de oscurecimiento por metro y nunca antes de alcanzar un 2%.

Los detectores de temperatura actuarán cuando se encuentren sometidos a temperaturas de entre 54°C y 78°C.

La máxima zona que puede monitorizar un detector de temperatura y uno de humo será de 37 y 74 m² respectivamente. En cuanto a la distancia mínima permitida entre detectores será de 9 metros para los de temperatura y 11 para los de humo. Para terminar, los detectores de temperatura no podrán estar situados a más de 4,5 mts de un mamparo y los de humo a 5,5 mts.

Tanto el sistema de detección de incendios como el de alarma estarán alimentados desde la principal fuente de electricidad como desde la fuente de emergencia. En el caso de que se produjera un fallo en la fuente principal, se produciría un cambio automático a la otra fuente.

Importante mencionar que un lazo de detección no podrá comprender más de una zona de fuego o una división estanca. [10]

Sistemas de extinción de incendios fijos de agua de aplicación local.

Todos los componentes utilizados en este tipo de sistemas como detectores de incendios, válvulas de control remoto o los controles electrónicos deberán pasar un test de homologación obligatorio. Al igual que en el caso anterior, tanto la emisión de la alarma acústica y visual continuara hasta que se tenga conocimiento de ella. En este caso la alarma acústica y visual funcionara de forma independiente.

Este sistema será independiente del sistema principal de alarma contra incendios mediante el uso de lazos independientes utilizados exclusivamente para el buen funcionamiento de este sistema. [10]

Protección contra incendios y equipos de extinción de incendios.

Detección de incendios

Antes de entrar en detalles resaltar que tanto el sistema de detección de incendio, el sistema de alarmas contraincendios y el sistema de detección de humo deberán estar homologados oficialmente.

Detección de incendios en los buques de pasajeros:

Aquellos buques que no transporten más de 36 pasajeros contarán con un sistema de detección en todos los espacios de alojamiento y de servicio y, si se considerase oportuno también en los puestos de control. Aquellos espacios donde no exista peligro de incendio, están exentos de este requerimiento

En lugar de los sistemas nombrados en el punto anterior, estos pueden ser sustituidos por un sistema automático de pulverización de agua. En este caso se instalará también un sistema de detección de incendios y una alarma contraincendios en pasillos, escaleras y vías de evacuación de la zona de alojamiento. Este sistema también deberá estar diseñado para la detección de humo.

En cuanto a los buques que transporten a más de 36 pasajeros se instalará un sistema automático de pulverización de agua a presión en todos los espacios de alojamiento y de servicio, incluyendo pasillos y escaleras y en los puestos de control. Todos los espacios antes mencionados, excepto en los espacios sanitarios y las cocinas deben contar además con un sistema de detección de humo. En espacios con pequeño o ningún riesgo de incendio, por ejemplo, espacios vacíos, aseos públicos, compartimento de botellas de CO₂, etc., podrán ser omitidos tanto la instalación del sistema de agua nebulizada como el sistema de detección de humos. En las estaciones de control, el sistema de pulverización de agua a presión puede ser sustituido por otro sistema de extinción de incendios más adecuado para evitar el deterioro de material esencial ubicado en estos espacios.

Aquellos espacios dedicados al transporte de vehículos de motor con combustible en sus tanques, espacios ro-ro y los espacios de carga inaccesibles deben ser equipados con un sistema de detección de incendios y una alarma contraincendios o con un sistema de detección de humo. Las condiciones de ventilación en los espacios de carga deberán ser estudiados previamente al diseño y la instalación de estos sistemas. [10]

Sistema general de contraincendios.

Bombas de contraincendios:

Número de bombas:

En el caso de buques de pasajeros de más de 4000 GT el agua debe ser suministrada por al menos 3 bombas independientes y en el caso de buques de menos de 4000 GT tendrán al menos 2 bombas.

En el caso de buques de carga de más de 500 GT serán necesarias al menos 2 bombas. Para este tipo de buques de menos de 500 GT se necesitará como mínimo 1 bomba de contraincendios.

Capacidad mínima y presión de trabajo.

Cuando existan bombas de contraincendios de diferentes capacidades, ninguna de ellas suministrará menos del 80% de la capacidad total requerida dividido por el número específico de bombas contraincendios.

Cada bomba contraincendios debe de ser capaz de suministrar suficiente agua para al menos dos boquillas de descarga del buque.

Referente a los buques que transporten mercancías peligrosas los requisitos mínimos serán:

La capacidad de la bomba contraincendios no debe de ser menor de 25 m³/h.

En buques de carga de menos de 100 GT la bomba de contraincendios debe de ser capaz de suministrar agua para al menos una salida de agua con boquilla de 9 mm.

Uso y disposición de las bombas

En el caso de buques de carga de menos de 1000 GT, una de las bombas de contraincendios podrá acoplarse a un motor que no sea exclusivo para este fin.

En los buques de menos de 300 GT, la bomba de contraincendios podrá conectarse al motor principal, pudiendo ser desconectada y conectada a la misma mediante un sistema de embrague.

Las bombas de contraincendios y la conexión al mar tendrán que estar colocadas lo más profundos posibles por debajo de la línea de agua.

En este cuadro resumen se observa la capacidad mínima y el número de bombas contraincendios según el tipo de buque:

Passenger ships		Cargo ships	
:: 4000 GT	< 4000 GT	:: 500 GT	< 500 GT
Number of power-driven fire pumps			
3	2	2	1
Minimum capacity V (m^3/h) of one fire pump 1			
2 5,1	2 $3,8 \cdot 10^{-3} d$	2 $7,65 \cdot 10^{-3}$	2 $5,75 \cdot 10^{-3} d$
d_H (mm) = theoretical diameter of the bilge main (see Section 11, N. formula 4)			
Applicable to passenger ships with a criterion numeral of 30 or over in accordance with SOLAS 1974 as amended, Chapter II-1, Part B, Regulation 6.			

Tabla 17 Bombas contraincendios según el tipo de buque [10]

Bomba de emergencia de contraincendios.

Las bombas de emergencia deberán ser capaces de suministrar al menos el 40% de la capacidad total de las bombas principales de contraincendios y en ningún caso el caudal será menor de 25m³/h tanto en buques de pasajeros de menos de 1000GT como en buques de carga de 2000 GT o superior, y en ningún caso menos de 15 m³/h para buques de carga de menos de 2000 GT.

La bomba de emergencia debe ser capaz de suministrar agua a todas las partes del buque a partir de dos hidrantes funcionando simultáneamente.

Los equipos de suministro de agua y de energía requeridos para el funcionamiento de las bombas de emergencia deberán ser independientes de los espacios en los que se encuentren instaladas las bombas principales. Por lo tanto, los cables eléctricos que alimentan las bombas de emergencia no deberán pasar por los espacios de máquinas que contengan las bombas principales, sus motores de accionamiento o sus fuentes de energía.

En el caso de que los cables eléctricos de las bombas de emergencia atraviesen áreas de alto riesgo de incendio, dichos cables deberán ser resistentes al fuego.

El suministro de combustible de la bomba de emergencia de contraincendios deberá de ser el suficiente para mantener a esta en funcionamiento a carga nominal durante al menos 18 horas.

El tanque de combustible para el suministro de las bombas de emergencia deberá de contener suficiente cantidad de combustible como para asegurar el funcionamiento de la misma al menos durante 6 horas sin volver a rellenar el mismo. Este número de horas puede ser reducido a 3 en el caso de buques de menos de 5000 GT.

La bomba de emergencia deberá ser instalada de tal manera que el suministro de agua esté garantizado a la presión y al caudal prescrito en todas las condiciones de escora, asiento, balanceo y cabeceo que se puedan dar.

La toma de mar se ubicara lo más profundo posible y junto con la bomba de aspiración y las tuberías de distribución, estará dispuesta fuera de los espacios que contienen las bombas principales contraincendios.

La succión al mar puede que esté localizada en un espacio de máquinas de la clase A (siempre tratar de evitar), las tuberías de succión deberá de ser lo más corto posible y la válvula deberá de ser operada desde una posición lo más aproximada a la bomba posible.

La válvula deberá de permanecer siempre abierta y correspondientemente señalada. La válvula podrá instalarse lo más cerca posible de la bomba o cerca de los controles de la bomba en el caso de que la bomba pueda ser accionada por control-remoto.

La bomba de emergencia deberá estar situada en lugar donde no le afecte el humo ni el fuego que se pudiera producir un incendio en la cámara de máquinas.

En el caso de las bombas de emergencia vengan impulsadas por un motor diésel éste deberá contar con sistema de arranque manual que funcione correctamente a una temperatura de 0°C. Si es necesario se instalaran sistemas de calentamiento.

En el caso de que sean las baterías el único sistema de arranque se dispondrán de dos juegos de las mismas que serán capaces de producir seis arrancadas en los primeros 30 minutos y al menos dos arrancadas en los primeros 10 minutos. [10]

Colector contraincendios

Conexión a tierra.

Todos los buques de 500 GT o superiores deberán de estar provistos con al menos una conexión a través de la cual el agua pueda ser conducida desde tierra al interior del buque. La conexión es estándar y deberá ser posible su conexión en ambos lados del buque. Las dimensiones de la brida en estas conexiones deberán ser iguales que las que se reflejan en la imagen siguiente.

Disposición colector

En buques donde se requiere una bomba de emergencia específica o en aquellos donde las bombas de contraincendios están instaladas en compartimentos separados, debe de ser posible, mediante válvulas de paro, aislar la sección de las tuberías de contraincendios situada en la sala de máquina de categoría A donde se encuentran las bombas principales de contraincendios. Estas válvulas de corte deberán de estar colocadas en una posición accesible fuera de la sala de máquinas de categoría A.

Con las válvulas de corte cerradas, debe de ser posible dar suministro a todos los hidrantes colocados fuera de la sala de máquinas, desde una bomba que no está localizada en este sector. Las tuberías de la sala de máquinas normalmente no se utilizan para este propósito. Sin embargo, en casos excepcionales pequeñas secciones de tubos pueden que se alojen en la zona de máquinas. La integridad de estos tubos se llevara a cabo mediante un armazón de acero.

Otra alternativa en estos casos es colocar tubos tras una pared gruesa de un grosor mayor a 11 mm y con un factor de aislamiento correspondiente al A-60 Standard.

Todas las tuberías de contraincendios estarán provistas de válvulas de drenaje.

En los petroleros, las tuberías de contraincendios deberán de ir acompañadas de válvulas de aislamiento colocadas en una posición protegida y a intervalos no superiores de 40 metros.

En tramos de tuberías donde haya posibilidad de congelación debido a climas fríos, se deberá contar con elementos capaces de mantener presurizadas estas tuberías.

Diseño de Tuberías de Contraincendios

Las fórmulas siguientes deberán ser utilizadas como guía para el dimensionamiento de las tuberías de contraincendios.

$$d_{ci} = 0,8 d_h$$

d_{ci} = diámetro interior de la tubería de contra incendios, d_{ci} mínimo = 50 mm

d_h = diámetro teórico de la tubería principal de sentina.

En los buques de carga el diámetro máximo (d_{ci} max) nunca será superior a 130 mm. En los de pasajeros no superará los 175mm.

Toda la instalación de tuberías de contraincendios será diseñada para aguantar la presión máxima permisible de trabajo de la bomba de contraincendios que será de al menos 10 bares. En los tanques de gas licuado la presión nunca será menor de 0,50 N/mm² en la boquilla.

En ningún punto del buque la presión de descarga en las boquillas deberá ser inferior a los valores que se muestran a continuación:

Tipo de buque	TPM	Presión en boquillas (N/mm ²)
Buque de carga	<6000	0,25
	≥6000	0,27
Buque de Pasajeros	<4000	0,30
	≥4000	0,40

Tabla 18 Presión de descarga de las boquillas [10]

Hidrantes

Los hidrantes estarán dispuestos de modo que el agua expulsada por dos boquillas simultáneamente, teniendo en cuenta que la longitud de uno de ellos deberá de ser el largo de una manguera, alcance las siguientes zonas:

Cualquier parte del buque a la que los pasajeros y tripulantes tengan acceso durante el viaje

Cualquier parte de un espacio de carga vacío.

En los espacios ro-ro o en los espacios para vehículos tiene que ser posible llegar a cualquier parte con agua expulsada por dos boquillas funcionando al mismo tiempo. La longitud de cada uno será el largo de una manguera simple.

En los buques de pasajeros cualquier parte relacionada con alojamiento, servicios y máquinas debe ser alcanzado con el agua expulsada por dos boquillas funcionando al mismo tiempo.

En buques de menos de 500 GT un solo hidrante será suficiente.

Los buques de pasajeros deberán de estar, además, equipado con dos tomas de agua en una zona contigua a la planta baja de la sala de máquinas ya que este espacio forma parte de la ruta de escape (por ejemplo, el túnel del eje).

Mangueras

Las mangueras de contraincendios deberán ser fabricadas de un material que no se degrade con el tiempo.

Las mangueras deben de tener un largo no inferior a 10 metros, la longitud más utilizada es la de 12 metros en lugares con maquinaria, nunca superando los 15 metros. La longitud de éstas nunca será superior a 20 metros en el resto de espacios y en cubiertas abiertas. Como excepción, en buques que tengan una cubierta abierta superior a 30 metros de manga se podrán utilizar mangueras como máximo de 25 metros.

En buques de pasajeros tendrá que existir una manguera con su boquilla en cada hidrante.

En los buques en los que haya más de 36 pasajeros, las mangueras que correspondan a los hidrantes que estén localizados en la superestructura estarán conectadas a los mismos de forma permanente.

En los buques de carga con un peso igual o superior a 1000 G toneladas tiene que haber una manguera por cada 30 metros de eslora, más una adicional, nunca siendo este número total inferior a 5 unidades. Este número de mangueras no incluye las mangueras que se necesitan en la sala de máquinas y calderas.

Los buques de carga cuyo peso total está entre 500 y 1000 G toneladas estarán equipados con al menos 5 mangueras

Los buques de carga de menos de 500 toneladas GT estarán equipados con un número mínimo de 3 mangueras.

Los buques que transporten mercancías peligrosas estarán equipados con 3 mangueras adicionales con sus correspondientes boquillas.

Boquillas de lanzas de agua.

Solo se utilizaran boquillas de doble propósito, nebulizada o chorro con dispositivo de cierre.

Los tamaños de boquillas han de ser 12, 16 y 19 mm o tan cerca de la misma como sea posible.

En los espacios de alojamiento y de servicios, el diámetro de la boquilla podrá ser de 12mm

En los espacios de máquinas y emplazamientos exteriores, el tamaño de la boquilla deberá tener un tamaño que permita entregar el caudal máximo posible con dos boquillas a la presión estipulada de la bomba contra incendios más pequeña disponible. [10]

Extintores móviles, aplicadores de espuma portátiles y aplicadores de agua nebulizada.

Los medios de extinción, los pesos de carga, clases de fuego y las cargas de respeto.

Los extintores de incendios de CO2 no deberán estar ubicados en las zonas de alojamiento al igual que los extintores de agua tampoco deberán encontrarse en los espacios de máquinas.

En zonas donde haya equipos electrónicos que operen a un voltaje superior a 1 kV habrá que probar que los extintores son adecuados para tal caso.

La carga de los extintores portátiles de polvo seco y de gas será de al menos 5 kg y el contenido de los extintores de espuma y agua no deberá ser inferior a 9 litros.

El peso total de un extintor de incendios portátil listo para su uso no deberá exceder los 23 kg.

Los extintores de incendios que puedan recargarse a bordo, las cargas de respeto que se llevaran serán las siguientes:

- 100% para los primeros 10 extintores de cada tipo
- 50% para las unidades restantes de cada tipo, sin exceder los 60 extintores

Los extintores que no puedan ser recargados a bordo, se facilitaran extintores del mismo tipo y con la misma carga y en la cantidad señalada en el apartado anterior.

Un dispositivo portátil de espuma consistirá en un tubo de boquilla de espuma, capaz de ser conectada al colector contraincendios mediante una manguera contraincendios, junto con dos tanques portátiles conteniendo cada uno al menos 20 litros de concentrado de espuma.

En la tabla que se muestra a continuación, podemos ver el medio extinción adecuado para cada tipo de incendio: [10]

Fire class	Fire hazard	Extinguishing media
A	Solid combustible materials of organic nature (e.g. wood, coal, fibre materials, rubber and many	Water, dry powder/dry chemical, foam
B	Flammable liquids (e.g. oils, tars, petrol, greases and oil-based paints)	Dry powder/dry chemical, foam, carbon dioxide
C	Flammable gases (e.g. acetylene,	Dry powder/dry
D	Combustible metals (e.g. magnesium,	Special dry powder or dry chemical (metal)
F (K)	Cooking oils, greases or fats	Wet chemical solution
–	Electrical equipment	Carbon dioxide, dry powder/dry

Tabla 19 Tipos de fuegos [10]

Número y localización

Deberá existir como mínimo un extintor de incendios en los accesos de habitación. Se recomienda que los extintores portátiles que se encuentran en los espacios públicos y talleres se sitúen cerca de las principales entradas y salidas o en el interior de estos espacios.

En las instalaciones eléctricas se encontrarán extintores adecuados para incendios tipo E.

En los espacios de máquinas de categoría A que contengan motores de combustión interna, deberá contar con extintores con una carga mínima de 50 kg de polvo seco o que contengan 45 litros de espuma. Estos extintores estarán situados de manera que el agente extintor pueda ser dirigido sobre cualquier parte del combustible

Por último en los espacios de máquinas en buques de pasajeros con más de 36 contarán, aparte de lo enunciado en el párrafo anterior, deberá contar con dos aplicadores de agua nebulizada.

En la siguiente tabla puede observarse el número mínimo y la distribución de extintores en diferentes zonas del barco: [10]

	Type of spaces	Minimum number of	Class(es) of extinguisher(s)
Accommodation	Public spaces	1 per 250 m ² of deck area or fraction thereof	A
	Corridors	Travel distance to extinguishers should not exceed 25 m within each deck and main vertical zone.	A
	Stairways	0	
	Lavatories, cabins, offices, pantries containing no cooking appliances	0	
	Hospital	1	A
Service spaces	Laundry, drying rooms, pantries containing cooking appliances	1 ²	A or B
	Lockers and store rooms (having a deck area of 4 m ² or more), mail and baggage rooms, specie rooms, workshops (not part of machinery spaces, galleys)	1 ²	B
	Galleys	1 class B and 1 additional class F or K for galleys with deep fat fryers	B, F or K
	Lockers and store rooms (deck area is less than 4 m ²)	0	
	Paint lockers and other spaces in which flammable liquids are stowed	In accordance with Section 12, M.1	
Control stations	Control stations (other than wheelhouse), e.g. battery room (excluding CO ₂ room)	1	A or C
	Wheelhouse	2, if the wheelhouse is less than 50 m ² only 1 extinguisher is required ³	A or C
Machinery	Spaces containing internal combustion machinery	No point of space is more than 10 m walking distance from an extinguisher ⁶	B
	Spaces containing oil-fired boilers	2 for each firing space	B
	Spaces containing steam turbines or enclosed steam engines	No point of space is more than 10 m walking distance from an extinguisher ⁶	B

	Central control station for propulsion machinery	1, and 1 additional extinguisher suitable for electrical fires when main switchboards are arranged in central control station	A and/or C
	Vicinity of the main switchboards	2	C
	Workshops	1	A or B
	Enclosed space with oil-fired inert gas generators, incinerators and waste disposal units	2	B
	Enclosed room with fuel oil purifiers	0	
	Periodically unattended machinery spaces of category A	1 at each entrance ¹	B
Other spaces	Workshops forming part of machinery spaces	1	B or C
	Other machinery spaces (auxiliary spaces, electrical equipment spaces, auto-telephone exchange rooms, air conditioning spaces and other similar spaces)	1 ⁷	B or C
	Weather deck	0 ⁴	B
	Ro-ro spaces and vehicle spaces	No point of space is more than 20 m walking distance from an extinguisher at each deck level ^{4,5}	B
	Cargo spaces	0 ⁴	B
	Cargo pump-room and gas compressor room	2	B or C
	Helidecks	In accordance with Section 12, O.1	B

Tabla 20 Número y distribución extintores [10]

Sistemas de extinción fijos por gas

Antes de nada explicaremos brevemente dos conceptos como son el NOAEL Y EL LOAEL que son de vital importancia en los sistemas de extinción por gas, ya que nos dan una medida de la concentración máxima de un gas que debe existir para que el ser humano empiece a sentir efectos adversos.

El NOAEL es un índice de toxicidad que se determina en el proceso de "evaluación toxicológica", y a partir de él se deriva el resto de parámetros de toxicidad.

Para sustancias que carecen de propiedades carcinogénicas y, por lo tanto, tienen un umbral, la evaluación de la relación dosis-respuesta consiste en describir las respuestas observadas, con objeto de establecer, a través de estudios experimentales, un nivel o concentración de una sustancia en el cual no se observan efectos de ningún tipo. [14]

El LOAEL (Lowest observed adverse effect level) es un índice de toxicidad que se determina en el proceso de evaluación toxicológica. [15]

Se determina el LOAEL junto con el NOAEL (este último es el que más se utiliza) para sustancias que carecen de propiedades carcinogénicas.

Sistemas de CO2

Cálculo de la cantidad necesaria de CO2

El cálculo de la cantidad necesaria de CO2 se basa en un volumen de gas de 0,56 m³ por kg de CO2

Si dos o más espacios inundables individualmente están conectados al sistema de CO₂, la cantidad total de CO₂ necesaria será la mayor para uno de estos espacios.

Cuando dos o más espacios que contengan motores de combustión interna y no estén completamente separados, deberán ser considerados como un único espacio con el fin de determinar la cantidad de CO₂ necesaria. [10]

Sistema de la alarma contra incendios

Para los espacios de máquinas las alarmas acústicas han de ser independiente de la descarga de CO₂. La alarma acústica se va a ubicar de manera que sea audible desde cualquier punto de la cámara aun con toda la maquinaria operando.

La alarma de pre-descarga será accionada automáticamente antes de que empiece la inundación del compartimento. Este tiempo se basará en el empleado en la evacuación del personal y no será nunca menor de 20 segundos.

El accionamiento automático de la alarma de CO₂ en el espacio protegido se puede realizar por ejemplo, la apertura de la puerta de la estación de liberación.

La alarma tiene que seguir sonando mientras las válvulas de inundación están abiertas.

En los espacios pequeños como por ejemplo el pañol de pinturas, las alarmas pueden ser prescindibles si el sistema de CO₂ puede ser liberado desde un lugar cerca de la puerta de acceso.

El suministro de energía de los sistemas de alarma ha de estar garantizada aun en el caso de fallo de la fuente de alimentación principal del buque. [10]

Gases alternativos al CO₂: Novec 1230

El gas Novec 1230 se extendiendo en los últimos años como un buen sustituto n los sistemas de CO₂ tan peligroso para el ser humano. La capacidad de extinción de estos sistemas se basa en el desplazamiento del oxígeno del aire, el Novec 1230 principalmente lo que hace es sustraer la energía del calor de la llama y de esta manera interrumpir la reacción de combustión. Solo una pequeña parte del efecto extintor de este gas está basado en sus características químicas.

- A continuación pueden observarse algunas características de este gas.
- Concentración de diseño EDP [% per vol.] 5,6
- NOAEL [% per vol.] 10,0
- Densidad de gas en condiciones ambientales [kg/m³] 13,9
- Cantidad mínima de diseño en habitación de 100 m³ [kg] 82,5
- Potencial destructor de la capa de ozono [ODP] 0,0
- Tiempo de vida en la atmósfera [años] 0,014 (>5 días)

Por último citar alguno de los beneficio del uso de este gas como sustitución del CO₂:

- Agente gaseoso limpio, no deja residuo
- Uso seguro en habitaciones ocupadas (concentración de diseño baja, y sin reducción significativa de los niveles de oxígeno)
- No menoscaba la visión, y electrónicamente no es conductor f Sistema compacto, pocos componentes, requisito mínimo de espacio
- Tiempo rápido de inundación(<10 segundos)
- No destruye la capa de ozono (ODP=0)

- Potencial de calentamiento global mínimo [16]

Sistema de espuma

Concentración de espuma

Antes de nada hay que definir el concepto de coeficiente de expansión ya que tendrá mucha importancia a la hora de clasificar las diferentes espumas. El coeficiente de expansión consiste en la relación entre el volumen de espuma producida y la mezcla de agua y concentrado de espuma suministrado.

En el caso de espuma de baja expansión, producido por la adición de 3-6% de concentrado de espuma, el coeficiente de expansión no excederá de 12: 1.

Para espuma de alta expansión, producido por la adición de 1 - 3% de concentrado de espuma, el coeficiente de expansión puede ser 100: 1 hasta 1000: 1. [10]

Espuma baja expansión

La Espuma de Baja Expansión se utiliza para la extinción de líquidos inflamables Clase B; también puede ser adecuada en fuegos de clase A donde es importante el enfriamiento.

El riesgo de derrame durante cargas y descargas y la ruptura de tanques por colisión o explosión requieren de un sistema de espuma de baja expansión para la protección en el caso de que ocurra este tipo de situaciones.

El sistema de espuma en cubierta y el sistema principal de contraincendios deben de ser capaces de funcionar simultáneamente con el fin de que los miembros de la dotación que estén actuando en un fuego utilizando el sistema de espuma puedan ser refrigerados con agua pulverizada a través de una manguera. Las bombas principales de contraincendios deben de tener suficiente capacidad para satisfacer la cantidad necesaria en el sistema de espuma más dos mangueras cargadas con agua desde los hidrantes.

El caudal de agua de suministro nunca será menor a:

- 0.6 litros/minuto por cada metro cuadrado de cubierta de tanques de carga siendo está cubierta la máxima anchura del barco multiplicado por la longitud total del espacio de tanques de carga.
- 6 litros/minuto por metro cuadrado del área de sección horizontal de un tanque con el mayor área.
- 3 litros/minuto por metro cuadrado del área que debe ser protegida por el mayor monito de espuma.

El número de controles provistos y su posición debe de ser tal que asegure que la espuma pueda ser mandada a cualquier parte de la zona de tanques de carga de la cubierta. No habrá menos de cuatro aplicadores.

Se suministrarán suficientes hidrantes para asegurar que la espuma que proviene de al menos dos aplicadores pueda direccionarse hacia cualquier parte de la zona de cubierta de tanques de carga. [10]

Espuma de alta expansión

En estos sistemas se contará con unidades capaces de realizar descargas rápidas siendo esta cantidad la suficiente como para cubrir la zona afectada, con una capa de 1 metro de altura, en no más de 10 minutos. Sí el total de la zona a cubrir es superior a 400 m² entonces serán necesarios al menos dos generadores de espuma. La aportación de espuma tiene que ser la suficiente como para cubrir 5 veces el espacio más grande a proteger. El coeficiente de expansión de la espuma no debe de exceder la relación 1000 a 1.

La disposición de los conductos de descarga de espuma será tal que el equipo productor de espuma no se vea afectado si se declara un incendio en el espacio protegido. Si los generadores de espuma están adyacentes al espacio protegido, los conductos de descarga de espuma irán instalados de modo que haya una distancia de 450 mm por lo menos entre los generadores y el espacio protegido. Los conductos estarán contruidos de acero y tendrán un espesor no inferior a 5 mm. Además, en las aberturas de los mamparos límite o de las cubiertas que se encuentren entre los generadores de espuma y el espacio protegido, se instalarán válvulas de mariposa de acero inoxidable (de una o varias secciones) de un espesor no inferior a 3 mm. Dichas válvulas de mariposa se activarán automáticamente (por medios eléctricos, neumáticos o hidráulicos) mediante el telemando del generador de espuma correspondiente.

Los conductos deberán ser fabricados de acero u otro material adecuado capaces de transportar la espuma rápidamente a zonas de alto riesgo.

El generador de espuma, sus fuentes de energía, el líquido espumógeno y los medios de control del sistema serán fácilmente accesibles y de accionamiento sencillo, y estarán agrupados en el menor número posible de emplazamientos, en lugares que no corran el riesgo de quedar aislados por un incendio que se declare en el espacio protegido. [10]

Sistema de Agua pulverizada

Tanques de agua

Los tanques de agua a presión deben estar equipados con una válvula de seguridad conectada al espacio de agua del tanque, con un indicador de nivel de agua y con un manómetro.

El volumen del tanque de agua a presión debe ser equivalente como mínimo al doble de la capacidad de la bomba especificada por minuto.

La instalación mantiene 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.

Bomba

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.

La bomba y el sistema de tuberías tendrán la capacidad adecuada para mantener la presión necesaria en el rociador situado más alto, de modo que se asegure un suministro continuo de agua en cantidad suficiente para cubrir un área mínima de 280 m².

La bomba estará situada en un lugar razonablemente alejado de salas con maquinaria de clasificación A y tampoco situado en ninguna zona protegida por rociadores.

Serán necesarias al menos dos fuentes de suministro eléctrico para la bomba de agua de mar, para la alarma contraincendios y para el sistema de detección de incendios.

Una de las fuentes de suministro de energía para el sistema de detección y alarma será una fuente de emergencia.

Rociadores:

Los rociadores estarán colocados en los techos y deberán de ser capaces de mantener una caudal de al menos 5 litros/m² por minuto.

Los rociadores deben de estar agrupados en secciones separadas cuya cantidad por sección no debe ser superior a los 200 rociadores. Generalmente en los buques de pasajeros cualquier sección de rociadores no debe de dar servicio a más de dos cubiertas.

Cada sección debe tener la capacidad de ser aislada mediante una válvula de parada localizada en una zona de fácil acceso y clara posición.

Será necesario utilizar el sistema cuando el rango de temperaturas fluctúe entre 68 y 79 grados centígrados, excepto en aquellas zonas donde se prevean temperaturas elevadas. En este último caso la temperatura límite podrá aumentarse 30 grados centígrados por encima de la máxima temperatura de la cubierta principal.

Se tendrán rociadores de repuestos de cada uno de los tipos que tengamos en el buque. El número de rociadores de repuesto no tiene que exceder del número de rociadores que ya estén instalados. A continuación se muestran unos valores orientativos.

< 300 rociadores – 6 repuestos

300-1000 rociadores – 12 repuestos

>1000 rociadores – 24 repuestos [10]

Sistemas locales y fijos de contra incendios

Estos sistemas serán utilizados en espacios de máquinas de categoría A de más de 500 m³ de volumen bruto en buques de pasajeros de 500 GT o más y buques de carga de 2.000 GT y más.

En el caso de los espacios de máquinas con dotación permanente solo será necesario un sistema de liberación manual.

Estos sistemas están destinados a proteger los siguientes elementos sin necesidad de parar las máquinas, evacuar el personal o realizar estanqueidad:

Partes de las máquinas de combustión interna con riesgo de incendio utilizadas para la propulsión principal del buque, la generación de energía y otros fines.

Equipos tales como incineradores, calderas, generadores de gas inerte y calentadores de aceite.

Purificadores de combustible líquido calentado.

El medio de extinción será el agua. La bomba se ubicara fuera de las áreas protegidas. El sistema deberá estar disponible para su uso inmediato y deberá ser capaz de suministrar agua durante al menos 20 minutos.

Aquellos sistemas que requieran de una activación automática deberán contar con medios de detección de incendios y un sistema de alarma adecuado.

La ubicación del incendio deberá aparecer en una serie de paneles situados en la cámara central y en el puente.

Por cada motor de combustión interna utilizado para la propulsión principal o la generación de energía del buque deberá contar con una sección de rociadores propia, así como de medios para la detección de un incendio.

En el caso de que existan más de 4 motores o diésel generadores, el sistema se organizara por parejas, es decir, cada dos motores existirá una sección de rociadores y un sistema de detección de incendios independientes. De este modo la capacidad de maniobra del buque estará asegurada por el par de motores principales o generadores diésel principales no involucrados.

El accionamiento del sistema se ubicará en zonas de fácil acceso dentro y fuera del espacio protegido.

En aquellos espacios donde operen sistemas automáticos, deberá aparecer en una pantalla situada a la entrada, el medio de extinción utilizado y la posibilidad de disparo automático. [10]

Sistemas de extinción de incendios para pañoles de pinturas

Deberá contar con un sistema de extinción de incendios a base de CO₂, polvo seco, agua o un agente extintor equivalente y capaz de ser accionado desde fuera de la sala

Si se utiliza el sistema de CO₂, el suministro de agente extintor ha de calcularse para una concentración del 40% con respecto al volumen total de la sala en cuestión.

Si por el contrario el sistema utilizado es de polvo seco se deberá diseñar con al menos 0,5 kg por metro cúbico de volumen bruto de la habitación en cuestión.

Para los sistemas de pulverización de agua a presión, se asegurará un flujo uniforme de 5 litros / m² por minuto con relación a la superficie del suelo. [10]

Mercancía peligrosa.

Todas las bodegas de carga deberán estar equipadas con un sistema de extinción de incendios de CO₂ fijo

Los espacios de carga rodada, tanto los cerrados como abiertos, que no puedan ser sellados y espacios de categoría especial deberán estar equipados con un sistema de aspersion de agua a presión en lugar de un sistema de extinción de incendios de CO₂ fijo.

Se deberá proporcionar un suministro inmediato de agua del colector principal mediante un arranque remoto de todas las bombas principales de fuego desde el puente de navegación o mediante la presión permanente del colector y por la puesta en marcha automática de las bombas principales contraincendios.

La capacidad de las bombas principales contraincendios será suficiente para el suministro de cuatro chorros de agua simultáneamente a la presión establecida.

Los espacios de carga para el transporte de la clase 1, deberán ser dotados de dispositivos para la aplicación de agua pulverizada.

La velocidad de flujo de agua requerida se determinará sobre la base de 5 litros / m² y por minuto de la sección transversal horizontal más grande del espacio de carga.

El agua necesaria se va a distribuir uniformemente sobre la zona de carga desde arriba a través de un sistema fijo de tuberías y boquillas.

Todo el equipo eléctrico que entre en contacto con la atmósfera de la bodega y siendo esencial para el funcionamiento del buque deberá estar certificado para la protección contra explosiones

Los conductos que se dispongan para la eliminación de gases y vapores de la parte superior e inferior de la bodega de carga deberá cumplir unos requisitos tales que aproximadamente 1/3 del volumen de aire se retire de la parte superior y 2/3 de la parte inferior. [10]

ANEXO III: REQUISITOS RELATIVOS AL SISTEMA DE CO₂

Requisitos relativos a las Botellas de CO₂

- Las Botellas no se llenarán con más de 2 kg de CO₂ por cada 3 litros de Capacidad.
- Cada Botella estará provista de una Válvula de Apertura Rápida aprobada por la S. de C.
- Todas las Botellas destinadas a la Inundación de la Cámara de Máquinas estarán ubicadas en un Local Especial (Local de CO₂), y firmemente ancladas.
- Cada Botella deberá conectarse al “COLECTOR” a través de una Válvula de “No Retorno”.
- Si la conexión de las Botellas al “COLECTOR” se realizase mediante “Mangueras”, éstas deben ser de un tipo aprobado por la Sociedad de Clasificación.

Requisitos relativos al Local de CO₂

- El Local de CO₂ debe estar situado a Popa del Mamparo de Colisión y, a ser posible, en la Cubierta Principal.
- En el supuesto de que se ubique en la primera Cubierta situada por debajo de la Cubierta Principal, se deberá instalar una Escalera que conduzca directamente a dicha Cubierta.
- No está permitida la comunicación directa, a través de Puertas o aberturas similares, del Local de CO₂ con los Espacios de Maquinaria.
- Tampoco está permitida la comunicación directa, a través de Puertas o aberturas similares, del Local de CO₂ con Espacios de Acomodación situados debajo de la Cubierta Principal.
- El tamaño del Local de CO₂, así como la disposición de las Botellas, deben ser adecuados con el fin de posibilitar una operación eficiente.
- Se han de disponer medios adecuados para posibilitar el traslado de las Botellas al exterior de la Superestructura y comprobar la Cantidad de CO₂ existente en la Botellas, independientemente de la Temperatura Ambiente.
- El Local de CO₂ debe poder cerrarse, y las Puertas del mismo deben abrir “hacia fuera”.
- Los Mamparos y Cubiertas que limitan el Local de CO₂, así como las Puertas o cualquier otro medio de Cierre, deben ser “Estancas al Gas”.
- El Local de CO₂ debe ser utilizado exclusivamente para la instalación de las Botellas y de los componentes asociados a las mismas.
- El Local de CO₂ debe ser protegido contra la Radiación Solar y convenientemente aislado para evitar que la Temperatura en el interior del mismo exceda de 45° C.
- Debe estar provisto de un Termómetro para comprobar la Temperatura existente en su interior.
- El Local de CO₂ debe estar provisto de:
 - Ventilación adecuada (6 Renovaciones/Hora como mínimo).
 - Calefacción capaz de mantener, en su interior, una Temperatura Mínima de 20° C.

Requisitos relativos a la Red de Tuberías

- El material de las Tuberías debe ser soldable.
- El Colector y las Válvulas de Distribución deben ser diseñadas para una Presión de Trabajo Nominal de PN 100 (como mínimo).
- Las Tuberías situadas entre las Válvulas de Distribución y las Toberas (Boquillas) de CO₂ deben ser diseñadas para una Presión de Trabajo Nominal de PN 40 (como mínimo).
- Todas las Tuberías deben estar protegidas externamente contra la Corrosión. Las situadas en Espacios fuera de la Cámara de Máquinas deben ser galvanizadas interiormente.
- 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.
- En las Tuberías con un Diámetro Nominal inferior a 50 mm (2") pueden utilizarse Acoplamientos de Compresión soldados.
- Solamente pueden usarse Conexiones Roscadas en los Espacios protegidos por el Sistema de CO₂.
- Con el fin de compensar las expansiones térmicas de las Tuberías, se deben instalar los Codos, o Compensadores de Dilatación, que se consideren necesarios.
- Las Mangueras que conectan las Botellas al COLECTOR deben ser de un tipo aprobado por la Sociedad de clasificación.
- La Red de Tuberías debe dimensionarse de forma que se evite la formación de "Hielo Carbónico" como consecuencia de la expansión del CO₂. A estos efectos, y como valores de referencia puede utilizarse la Tabla que se incluye a continuación
- Los Espesores de las Tuberías no serán inferiores a los especificados en la Tabla que se adjunta a continuación:
- Se deberá disponer, en una posición adecuada, una Conexión de Aire Comprimido provista de una Válvula de "No Retorno" y de una Válvula de Cierre. Los objetivos de esta Conexión de Aire Comprimido son los siguientes:
- Comprobar que las Tuberías de CO₂ no están obturadas.
- Posibilitar el Soplado de las Tuberías de CO₂.
- El dimensionamiento de la conexión antes citada debe ser adecuado para lograr los objetivos antes citados, cuando la presión del Aire Comprimido esté comprendida entre 5 y 7 kg/cm².
- Las Tuberías de CO₂ no deben atravesar Espacios Refrigerados.
- Se debe evitar que las Tuberías de CO₂ atraviesen Espacios de Acomodación. Cuando no sea posible el evitarlo adoptarán las siguientes medidas:
- El Espesor de las Tuberías debe ser incrementado de acuerdo con las prescripciones reglamentarias.
- Todas las conexiones deberán ser soldadas.

- No se dispondrá drenajes ni aberturas similares.
- Las Tuberías de CO₂ que atraviesen Tanques de Lastre deberán ser soldadas totalmente, y de Espesor extra grueso, de acuerdo con las exigencias reglamentarias.
- En caso de que, como consecuencia de la instalación de Válvulas de Seccionamiento, existan “tramos cerrados” de Tuberías (por ejemplo: “Colector” con Válvulas de Distribución), los mencionados tramos deberán estar provistos de “Válvulas de Alivio”.
- Las descargas de las Válvulas de Alivio antes citadas deben conducirse hasta la Cubierta de Intemperie.

Dispositivos de “Disparo”

Los Dispositivos de Disparo deberán cumplimentar los requisitos siguientes:

- El Accionamiento (“Disparo”) será Manual (No se permite el Accionamiento Automático).
- Los Dispositivos de Accionamiento de las Válvulas Distribuidoras y los de Apertura de las Válvulas de Descarga de las Botellas deben ser independientes.
- Se han de disponer los medios necesarios para asegurar que se produzca en primer lugar la apertura de la Válvula de Distribución y posteriormente la de las Válvulas de Descarga de las Botellas.
- Los Puestos de Control para la Inundación de espacios tales como la Cámara de Máquinas, la Cámara de Bombas, Pañoles de Pinturas, etc., deben cumplimentar los requisitos siguientes:
- Deben estar situados en un lugar fácilmente accesible y situado en las proximidades de una de las entradas del espacio a proteger y en el exterior de dicho espacio.
- Deben poder ser operados con facilidad.
- Deben estar protegidos mediante Armarios dotados de Medios de Cierre (mediante Llave)
- La Llave deberá estar “guardada” en una Caja cerrada y acristalada y estará colocada en una posición claramente visible.
- La Caja estará situada en las proximidades del Armario de Disparo.
- En el Local de CO₂ se deberá disponer un Dispositivo de Disparo de Emergencia.

Sistemas de Alarma

Las Cámaras de Máquinas, las Cámaras de Bombas y espacios similares, deberán estar provistas de un Sistema de Alarma que cumplimente los requisitos siguientes:

- La Alarma será Acústica y Visual.
- La Alarma Acústica debe ser audible desde todos los puntos del espacio protegido y cuando las Máquinas están 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 CO₂, 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 dispondrán los medios necesarios para impedir el inicio de la descarga de las Botellas antes de que transcurra el tiempo preestablecido anteriormente.
- Las Alarmas Acústica y Visual 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.

ANEXO IV: NORMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS Y DIRECTRICES DEL CÓDIGO IMO FSS FIRE SAFETY SYSTEMS, SSCI SISTEMAS DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- Resolución A.572 (18): Directrices para la evaluación, el ensayo y la aplicación de alumbrado a baja altura de los buques de pasaje
- Resolución A.800 (19): Directrices revisadas para la aprobación de sistemas de rociadores equivalentes a los especificados en la regla II-2/12 del Convenio SOLAS
- Resolución A.951 (23): Directrices mejoradas aplicables a los extintores portátiles de incendios para usos marinos
- MSC/Circ.582 y Corr.1: Directrices para la aplicación de criterios de eficacia y ensayo y para la verificación de los concentrados de espuma de baja expansión empleados en los sistemas fijos de extinción de incendios
- MSC/Circ.668: Alternativas para los sistemas de extinción de incendios a base de halones en los espacios de máquinas y en las cámaras de bombas
- MSC/Circ.670: Directrices para la aplicación de criterios de eficacia y ensayo y para la verificación de los concentrados de espuma de alta expansión empleados en los sistemas fijos de extinción de incendios
- MSC/Circ.677: Normas revisadas para el proyecto, la prueba y el emplazamiento de los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga de los buques tanque
- MSC/Circ.728: Revisión de los métodos de prueba de los sistemas equivalentes de extinción de incendios a base de agua para los espacios de máquinas de categoría A y en las cámaras de bombas de carga que figuran en la circular MSC/Circ.668
- MSC/Circ.731: Factores revisados que procede tener en cuenta al proyectar los medios de respiración y desgasificación de los tanques de carga
- MSC/Circ.777: Indicación de los puestos de reunión en los buques de pasaje
- MSC/Circ.798: Directrices para la aplicación de criterios de comportamiento y ensayo y para la verificación de los concentrados de espuma de media expansión utilizados en los sistemas de extinción de incendios
- MSC/Circ.848: Directrices revisadas para la aprobación de sistemas fijos de extinción de incendios por gas equivalentes a los indicados en el Convenio SOLAS 1974 para los espacios de máquinas y las cámaras de bombas de carga
- MSC/Circ.1007: Directrices para la aprobación de sistemas fijos de incendios a base de aerosoles equivalentes a los sistemas fijos de extinción de incendios a base de gas indicados en el Convenio SOLAS 1974, para los espacios de máquinas
- MSC/Circ.1009: Enmiendas a las Normas revisadas para el proyecto, la prueba y el emplazamiento de los dispositivos destinados a impedir el paso de las llamas a los tanques de carga de los buques tanque (MSC/Circ.677)
- MSC/Circ.1165: Directrices revisadas para la aprobación de sistemas equivalentes de extinción de incendios a base de agua para los espacios de máquinas y las cámaras de bombas de carga

- MSC/Circ.1168: Directrices provisionales para la prueba, la aprobación y el mantenimiento de los sistemas de orientación para la evacuación utilizados en lugar de los sistemas de alumbrado a baja altura
- Resolución MDC.98 (73): Adopción del Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios

FUTURAS ENMIENDAS AL CÓDIGO

- Resolución MSC.206 (81): Adopción de enmiendas al Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios (Código SSCI)
- Resolución MSC.217 (82): Enmiendas al Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios

