

Universidad de **Cádiz**

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

**SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS A BORDO  
DE LOS BUQUES: PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO**

Javier CABALLERO SANTAMARÍA



Centro: **E. U. I. T. NAVAL**  
Titulación: **I. T. NAVAL**  
Fecha: **Octubre 2008**





# INTRODUCCIÓN

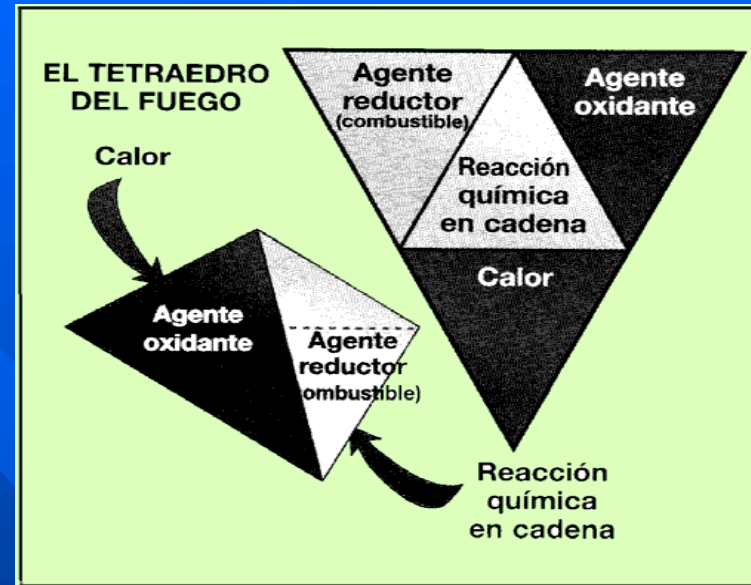
El temario que nos ocupa lo vamos a dividir en 4 capítulos:

- **Capítulo 1: Teoría del Fuego**
- **Capítulo 2: Tipos de Fuego y Agentes Extintores**
- **Capítulo 3: Sistemas de Contraincendios en los Buques**
- **Capítulo 4: Procedimiento de Cálculo**



# Teoría del Fuego

**Fuego:** reacción química cuyos elementos (Carbono, Hidrógeno...) están combinados con Oxígeno, produciendo una liberación de energía en forma de calor y luz.



## TIPOS DE FUEGO

**Clase A:** Materiales combustibles normales como madera, ropa, papel, goma...

**Clase B:** Líquidos y gases inflamables y combustibles (aceite, laca, pintura...)

**Clase C:** Sustancias que arden en estado gaseoso y a presión (Metano, Propano, Butano...). Equipos Eléctricos conectados.

**Clase D:** Metales combustibles como Aluminio, Magnesio, Titanio...  
Muy Peligrosos en Polvo.

# Agentes y Sistemas de Contraincendios en los Buques

## Agentes extintores

Agua

Dióxido de Carbono

Espuma

### 1. Sistemas Fijos de Contraincendios

1.1 Sistema General de Contraincendios

1.2 Sistema de Agua Nebulizada

1.3 Sistema de Rociadores

1.4 Sistema de Dióxido de Carbono

1.5 Sistema de Espuma

### 2. Equipos Semi-Portátiles de Extinción

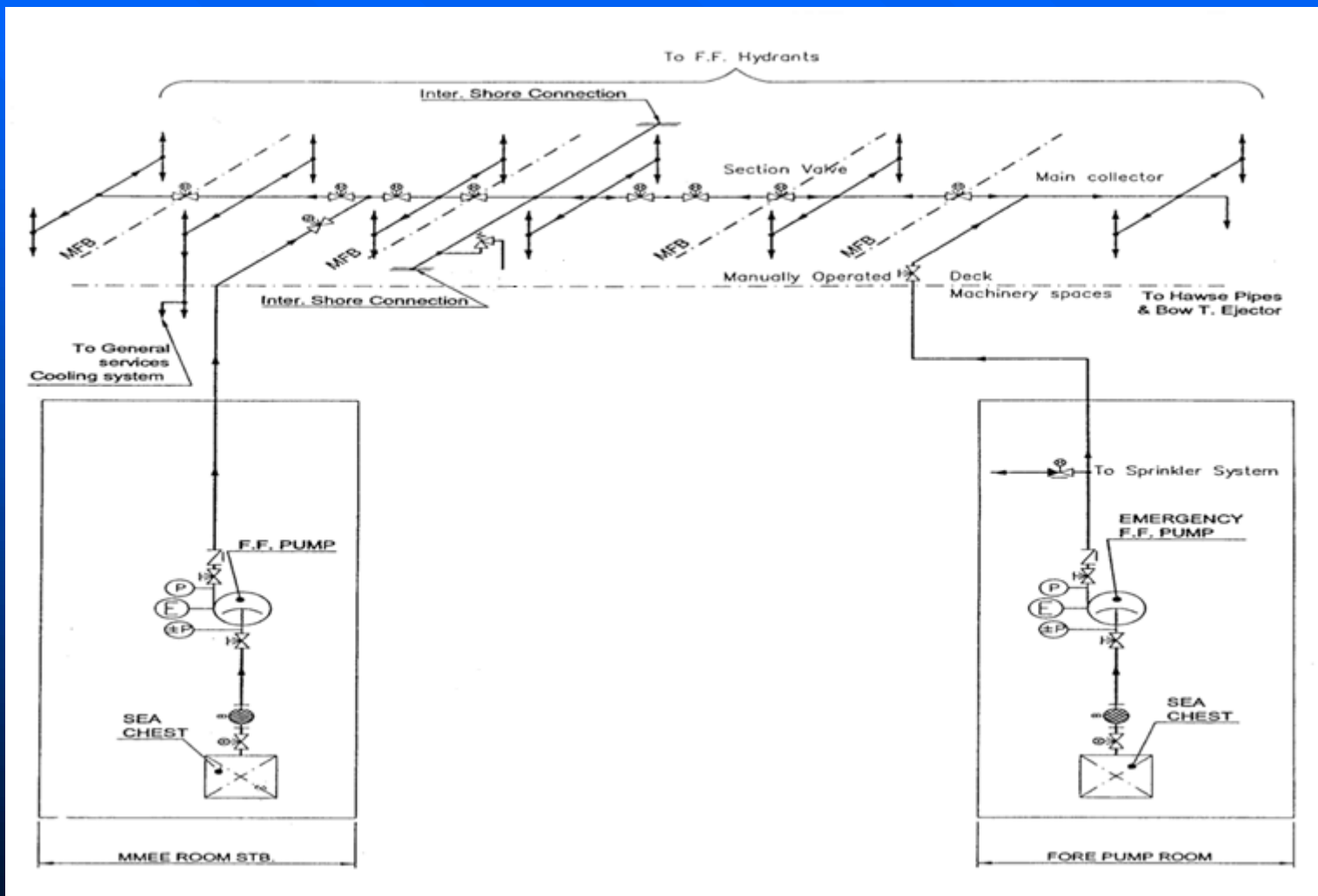
2.1 Mangueras y Boquillas

2.2 Cañones y Lanzaespumas

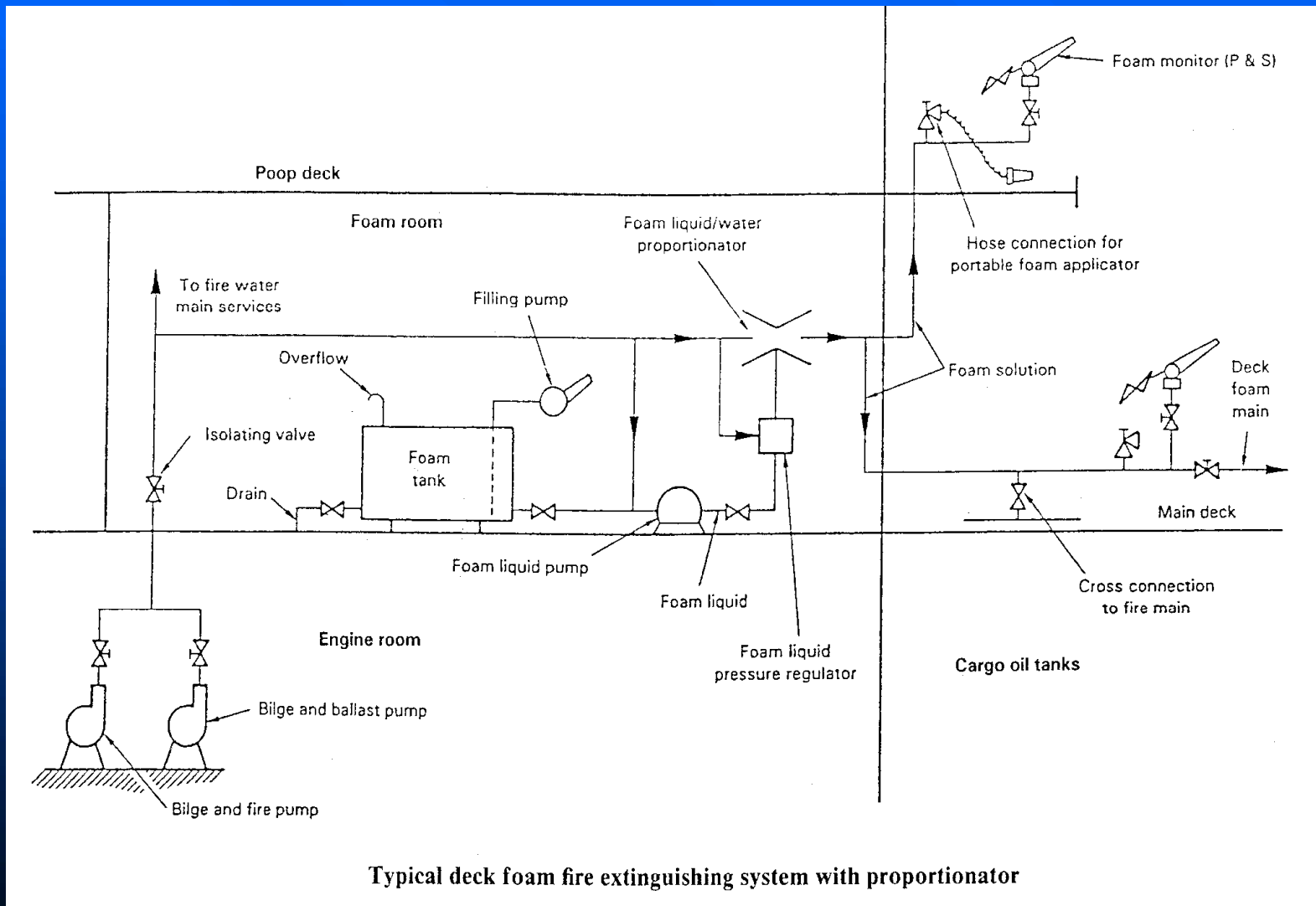
2.3 Lanzas

### 3. Extintores Portátiles de Contraincendios

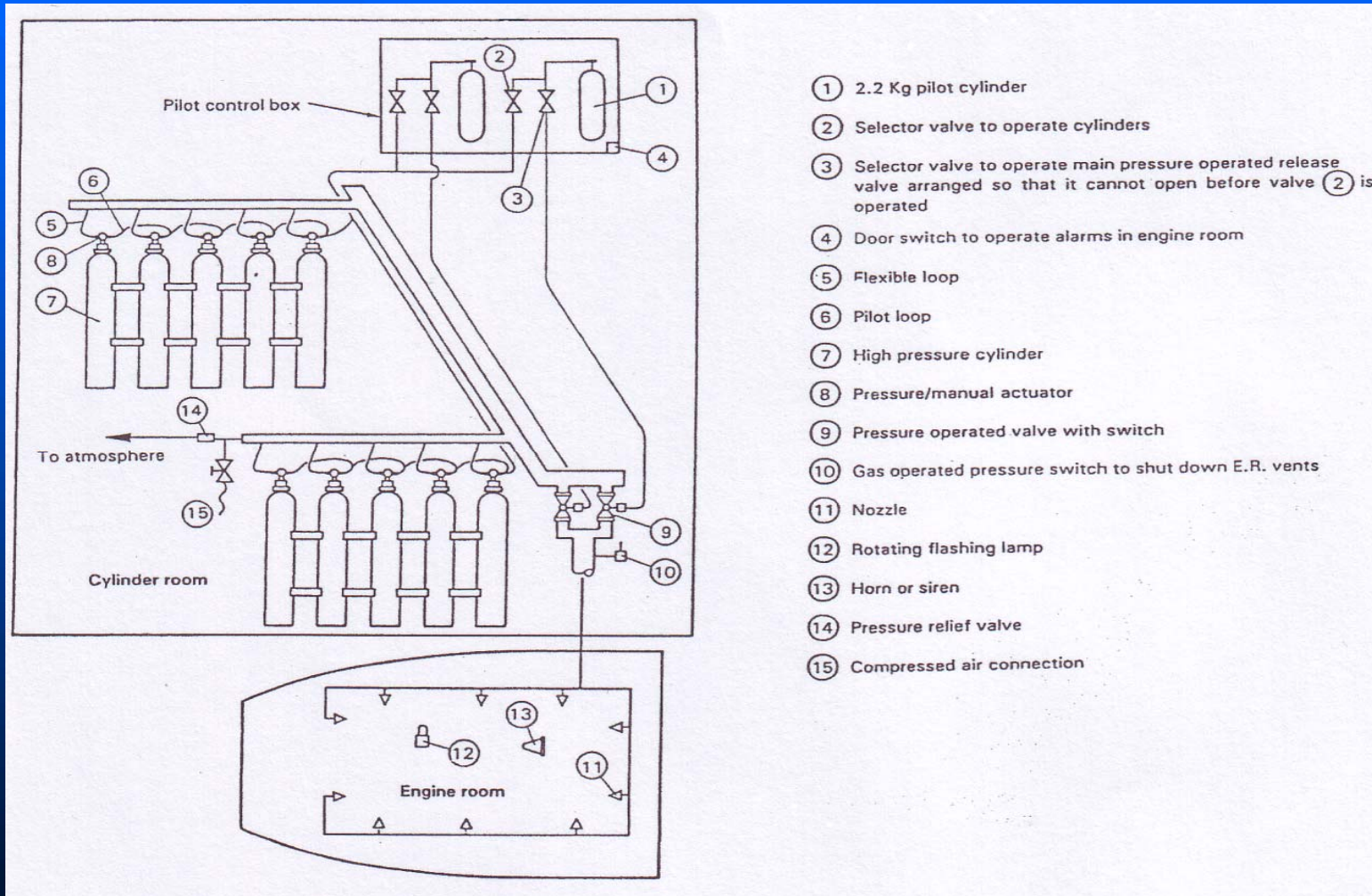
# Sistema General de Contraincendios



# Sistema de Espuma



# Sistema de Dióxido de Carbono





# Extintores Portátiles

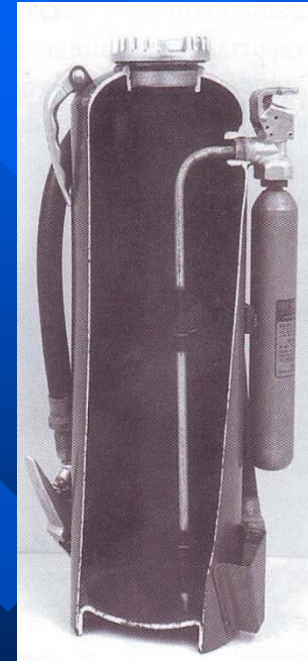
## Tipos de Extintores Portátiles



Extintor Portátil de CO2



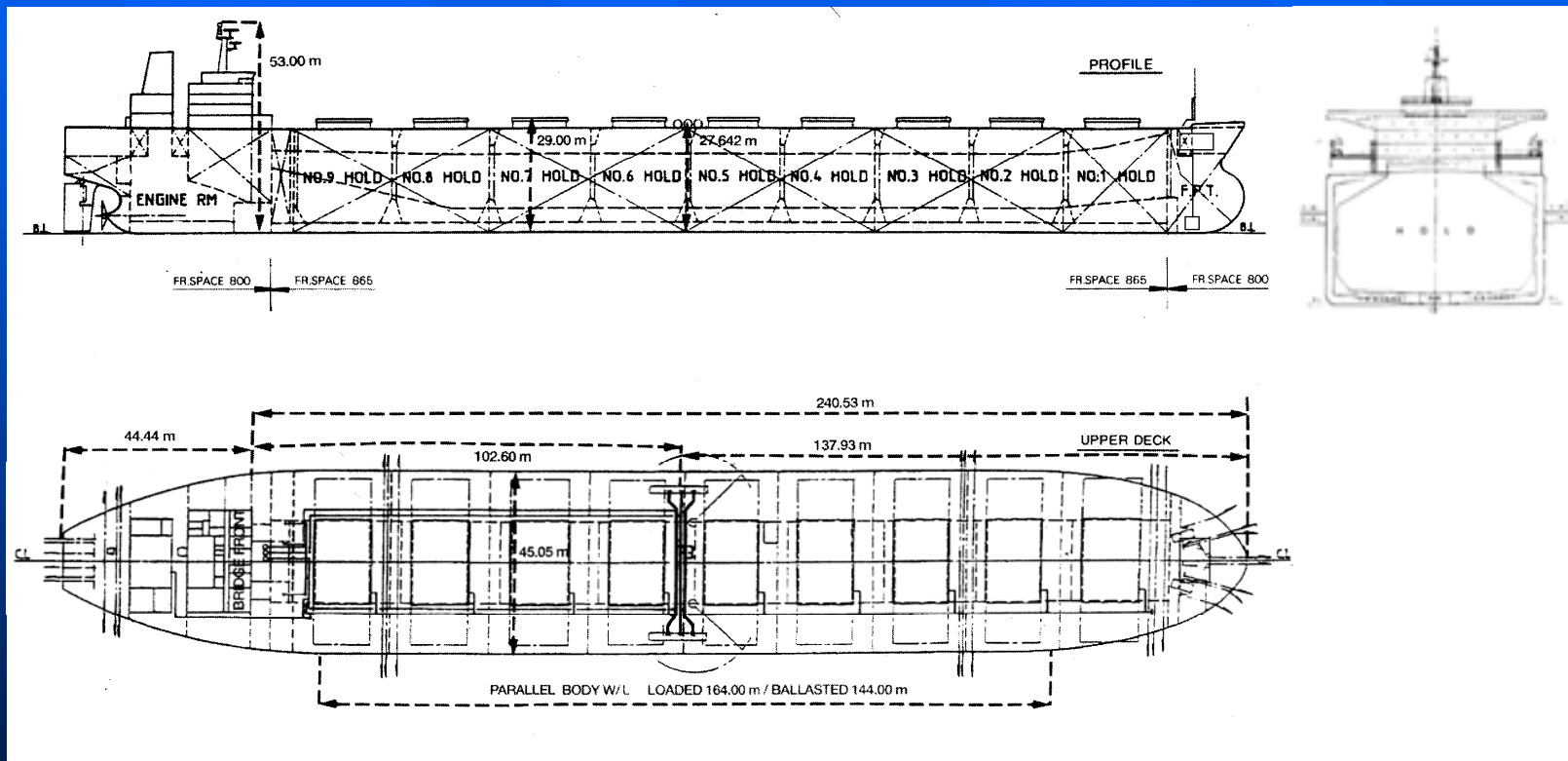
Extintor Portátil de Agua



Extintor de Polvo Seco

# Procedimiento de Cálculo

## Plano O.B.O.



## Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

Datos de Entrada de Diseño

Dimensiones del Buque			Longitud de C <sup>a</sup> Máquinas+C <sup>a</sup> Bombas l <sub>1</sub> m
Eslora L <sub>pp</sub> m	Manga B m	Puntal H m	
275,00	45,00	25,90	27,20

Cálculo del Diámetro del Colector Principal de Sentinas (mm)

Buque como “Bulk-Carrier”

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

$$d_{cs} = 1,68 \sqrt{275 (45 + 25,9) + 25} = 259,58$$

Buque como “Petrolero”

$$d_{cs} = 3 \sqrt{l_1 (B + H) + 35}$$

$$d_{cs} = 3 \sqrt{27,2 (45 + 25,9) + 35} = 152,13$$

Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas

$$Q_{bs} = 5,75 \times 10^{-3} d_{cs}^2$$

$$Q_{bs} = 5,75 \times 10^{-3} \times 259,58^2 = 387,46 \text{ m}^3/\text{h}$$



## Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

### Bombas Principales de Contraincendios

Número de Bombas Principales de C.I. =2

Capacidad Unitaria:

$$Q_{bci} = 3,8 \times 10^{-3} d_{cs}^2$$

$$Q_{bci} = 3,8 \times 10^{-3} \times 259,58^2 = 256,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

Sumar el caudal de 2 mangueras de contraincendios

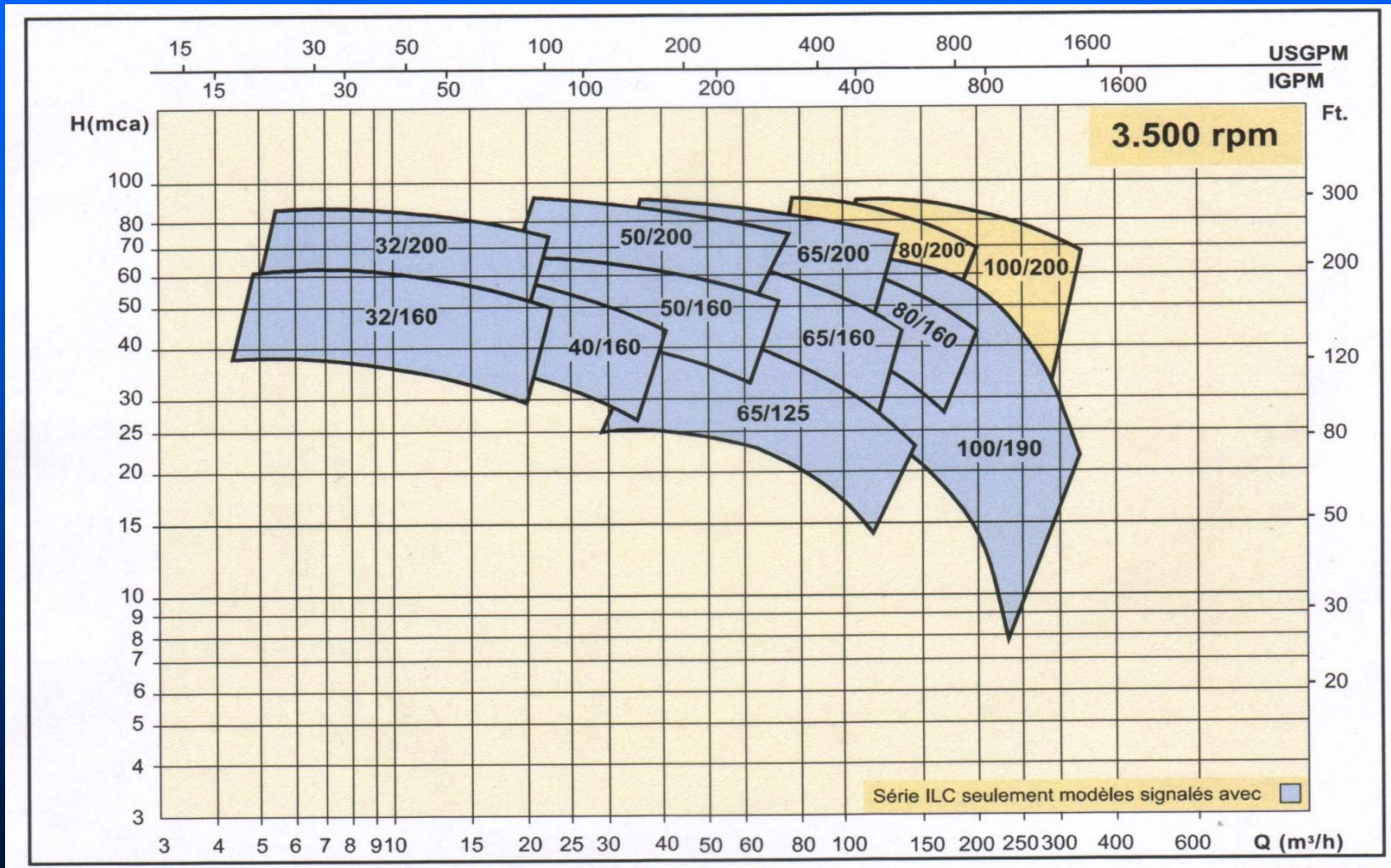
$$q_m = 0,039 \times 19^2 \sqrt{2,8} = 23,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

No resulta necesario que la capacidad total de las Bombas Principales de C.I. exceda de **180 m<sup>3</sup>/h**

$$Q_{bci} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo de la Altura Manométrica		
Presión de Alimentación de las Bocas C.I.	(kg/cm <sup>2</sup> )	2,8
Altura Geométrica	(kg/cm <sup>2</sup> )	4,0
Pérdidas de Carga (estimadas)	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,2
<b>Altura Manométrica de las Bombas</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>8,0</b>

# Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)



## Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

Estimación de la Potencia del Motor de Cada Bomba

$$P_{\text{eje}} = \frac{\rho Q H}{3600 \eta} \quad P_{\text{eje}} = \frac{1025 \times 100 \times 80}{3600 \times 0,75 \times 75} = 40,56 \text{ CV}$$

Potencia Motor Eléctrico

$$P_{\text{me}} = 50,0 \text{ CV} = 36,8 \text{ kw}$$

### **Bomba de Contraincendios de Emergencia**

Número de Bombas = 1

Capacidad Unitaria

$$Q_{\text{be}} = 0,4 \times 180 = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

2 Mangueras de C.I.

$$q_m = 0,039 \times 19^2 \sqrt{2,8} = 23,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

Unificaremos los Caudales de todas las Bombas del Sistema General de C.I.

$$Q_{\text{be}} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$$



## Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

### Colector del Sistema General de Contraincendios

$$S = \frac{Q}{v} \quad S = \frac{27,78}{30} = 0,926 \text{ dm}^2$$

$$d = 1,086 \text{ dm} = 108,6 \text{ mm}$$

CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA									
TUBERIAS DE ASPIRACION									
Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad Del v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	0,9	28,0	1,7
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,1	87,1	5,2
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	1,3	157,8	9,5
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	1,6	472,3	28,3
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	1,8	901,6	54,1
150	6	168,3	5,6	157,1	19.384	1,9384	2,2	2.564,0	153,8
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	2,5	4.870,6	292,2
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	2,8	8.748,3	524,9
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

## Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA									
TUBERIAS DE DESCARGA									
Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad del Fluido v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	1,5	46,7	2,8
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,9	145,2	8,7
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	2,1	263,1	15,8
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	2,7	787,2	47,2
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	3,0	1.502,7	90,2
<b>150</b>	<b>6</b>	<b>168,3</b>	<b>5,6</b>	<b>157,1</b>	<b>19.384</b>	<b>1,9384</b>	<b>3,0</b>	<b>3.489,1</b>	<b>209,3</b>
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	3,0	5.740,0	344,4
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	3,0	9.221,6	553,3
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

Tramo de Tubería	Caudal Q m <sup>3</sup> /h	Diámetro DN mm	Diámetro DN pulg.
Colector de Aspiración	100	150	6
Colector General de Descarga	100	150	4
Colectores de Cubiertas Superestructura	48	80	3
Ramales de Alimentación a Bocas C.I.	24	50	2

## Sistema de Espuma de Baja Expansión

Datos de Entrada de Diseño

Dimensiones del Buque			Longitud	Longitud	Manga
Eslora	Manga	Puntal	Zona	Bodega	Bodega
Lpp	B	D	Carga	Máx.	Máx.
m	m	m	$l_c$	l	b
			m	m	m
275,00	45,00	25,90	222,13	23,35	45,00

Cálculo del Caudal Mínimo de Solución Acuosa

$$V_1 = 0,6 l_c B$$

$$V_1 = 0,6 \times 222,13 \times 45 = 5.997,5 \text{ litros/min}$$

$$V_2 = 6 l b$$

$$V_2 = 6,0 \times 23,35 \times 45 = 6.305,9 \text{ litros/min}$$

$$V_3 = 3 B 0,75 l_1 = 2,25 B l_1$$

$$V_3 = 2,25 \times 45,00 \times 46 = 4.657,5 \text{ litros/min}$$

$$V = 378,4 \text{ m}^3/\text{h} = 1.627,3 \text{ gal/min}$$

Más 2 mangueras de agua

$$V+v = 378,4 + 2 \times 27,0 = 432,4 \text{ m}^3/\text{h} = 1.860 \text{ gal/min}$$

Características de las Bombas Principales de Agua Salada del Sistema de Espuma

Caudal Unitario

$$Q_{\text{bas}} = 435,0 \text{ m}^3/\text{h} = 1.871 \text{ gal/min}$$



## Sistema de Espuma de Baja Expansión

Altura Manométrica de las Bombas 11,5 Kg/cm<sup>2</sup> (115 mca)

Potencia en el Eje de la Bomba

$$P_{\text{eje}} = \frac{\rho Q H}{3600 r 75} \quad P_{\text{eje}} = \frac{1025 \times 435 \times 115}{3600 \times 0,85 \times 75} = 226,5 \text{ CV}$$

Determinación del Número de Monitores

$$N_m = \frac{I_c}{0,75 I_1} + 1 \quad N_m = \frac{222,13}{0,75 \times 46} + 1 = 7,43$$

**10 Monitores (2 de ellos instalados en la Cubierta Toldilla).**

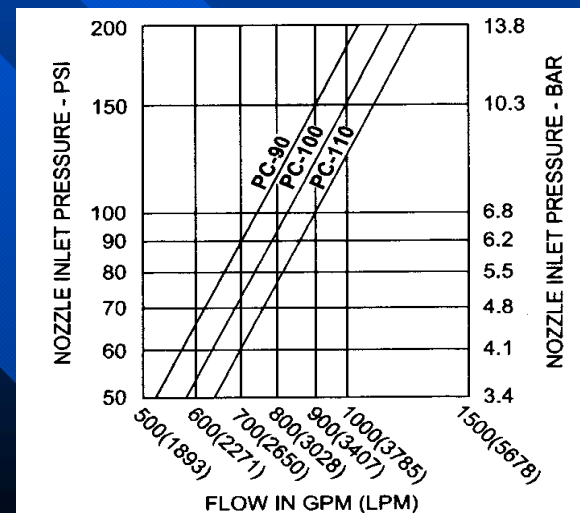
Capacidad Mínima Unitaria de los Monitores

$$C_m = 0,5 \times 1.627,3 = 813,7 \text{ gal/min} = 188,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Tipo tobera en los Monitores

Presión alimentación: 6,2 Kg/cm<sup>2</sup> (90 psi)

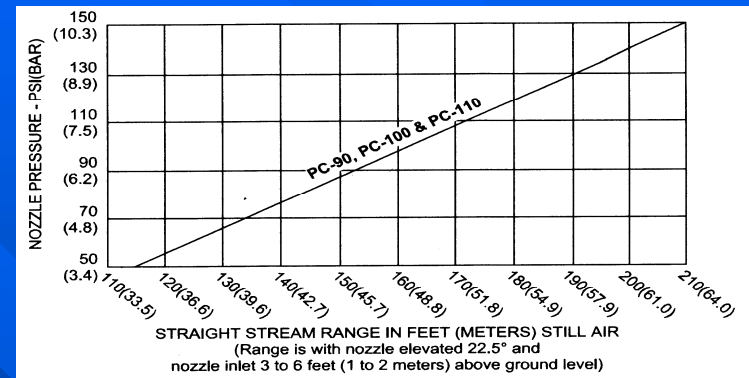
Tipo de Tobera	Caudal gal/min	Caudal m <sup>3</sup> /h	Validez
PC-90	700	162,4	Insuficiente
PC-100	780	181,0	Insuficiente
<b>PC-110</b>	<b>860</b>	<b>199,5</b>	<b>Satisfactorio</b>



# Sistema de Espuma de Baja Expansión

## Alcance de los Monitores

Tipo de Tobera	Alcance m	Validez
PC-90	46	Satisfactorio
PC-100	46	Satisfactorio
<b>PC-110</b>	<b>46</b>	<b>Satisfactorio</b>



## Características de las bombas de Espuma

### Caudal

$$Q_{be} = 0,03 \times 435,3 = 13,05 \text{ m}^3/\text{h} = 56,2 \text{ gal}/\text{min}$$

### Dimensionamiento del Tanque de Líquido Espumógeno

Buques provistos de Sistema de Gas Inerte (+20000 TPM) 20 minutos  
 Buques no provistos de Sistema de Gas Inerte 30 minutos

$$V = 15/3 = 5,00 \text{ m}^3$$

# Sistema de Espuma de Baja Expansión

## Red de Tuberías

Material: Acero ST 33.2 o similar

## Diámetro de las Tuberías

CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA									
TUBERIAS DE ASPIRACION									
Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad Del v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	0,9	28,0	1,7
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,1	87,1	5,2
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	1,3	157,8	9,5
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	1,6	472,3	28,3
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	1,8	901,6	54,1
150	6	168,3	5,6	157,1	19.384	1,9384	2,2	2.564,0	153,8
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	2,5	4.870,6	292,2
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	2,8	8.748,3	524,9
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

## Sistema de Espuma de Baja Expansión

CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA									
TUBERIAS DE DESCARGA									
Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad del Fluido v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	1,5	46,7	2,8
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,9	145,2	8,7
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	2,1	263,1	15,8
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	2,7	787,2	47,2
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	3,0	1.502,7	90,2
150	6	168,3	5,6	157,1	19.384	1,9384	3,0	3.489,1	209,3
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	3,0	5.740,0	344,4
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	3,0	9.221,6	553,3
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

Tramo de Tubería	Caudal Q m <sup>3</sup> /h	Diámetro DN mm	Diámetro DN pulg.
Colector de Aspiración de A.S.	435	250	10
Colector de Descarga de A.S.	435	250	10
Ramales Alimentación Monitores	215	150	6
Ramal Alimentación de 2 Aplicadores	54	80	3
Ramal Alimentador de 1 Aplicador	27	50	2



# Sistema de CO<sub>2</sub>

Datos de Entrada:

Dimensiones del Buque			Volumen Bruto de la C. de Máquinas	
Eslora L <sub>pp</sub> m	Manga B m	Puntal D m	Guardacalor Parcial V <sub>1</sub> m <sup>3</sup>	Guardacalor Total V <sub>2</sub> m <sup>3</sup>
243,00	32,20	19,70	7.200	8.100

Cantidad Mínima de CO<sub>2</sub> requerida

$$W_1 = \frac{0,40 V_1}{0,56}$$

$$W_1 = \frac{0,40 \times 7.200}{0,56} = 5.143 \text{ kg}$$

$$W_2 = \frac{0,35 V_2}{0,56}$$

$$W_2 = \frac{0,35 \times 8.100}{0,56} = 5.063 \text{ kg}$$

Determinación del número mínimo de botellas

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

$$N = \frac{5.143}{45} = 114,3 = 115 \text{ Botellas}$$

Cálculo del Peso Total de las Botellas

$$P = 115 \times 130 = \mathbf{14.950 \text{ kg.}}$$

Superficie mínima requerida para la instalación de las botellas

$$S = N D^2$$

$$S = 115 \times 0,27^2 = \mathbf{8,38 \text{ m}^2}$$

# Presupuesto Sistema de CO<sub>2</sub>



Ite m Nº	Concepto	Nº	Coste Unitario €	Coste Total €
<b>Materiales</b>				
1	Botellas de 67 Lts. de Capacidad (1)	115	515,00	59.740,00
2	Anhídrido Carbónico (kg de CO <sub>2</sub> ) (2)	5.220	1,00	5.220,00
3	Colectores de CO <sub>2</sub>	2	3.900,00	7.800,00
4	Red de Tuberías	1	6.000,00	6.000,00
5	Difusores de CO <sub>2</sub>	50	60,00	3.000,00
6	Latiguillos de Descarga	116	20,00	2.320,00
7	Abarcones	150	2,00	300,00
8	Herrajes Fijación de las Botellas	232	16,00	3.712,00
9	Sistema Centralizado de Control de Peso	1	35.000,00	35.000,00
10	Equipamiento Eléctrico	1	3.500,00	3.500,00
11	Materiales Varios	1	2.500,00	2.500,00
<b>Coste Total Materiales</b>				<b>129.092,00</b>
<b>Mano de Obra</b>				
1	Ingeniería	50	30,00	1.500,00
2	Transporte e Instalación de Botellas	600	25,00	15.000,00
3	Trabajos de Soldadura	60	25,00	1.500,00
4	Montaje Red de Tuberías	130	25,00	3.250,00
<b>Coste Total Mano de Obra</b>				<b>21.250,00</b>
<b>Coste Total</b>				<b>150.342,00</b>
<b>Observaciones</b>				
1. Este concepto incluye las Válvulas y los Latiguillos de Disparo				
2. Las Botellas pueden contener un Peso Máximo de 50 Kg. de CO <sub>2</sub> .				

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>

# ÍNDICE



## Capítulo 1 TEORÍA DEL FUEGO

<b>1.</b>	<b>La Naturaleza del Fuego.....</b>	<b>12</b>
1.1	El Tetraedro del Fuego.....	13
1.1.1	Oxígeno.....	14
1.1.2	Combustible.....	15
1.1.3	Fuente de Calor.....	17
1.1.3.1	Química.....	17
1.1.3.2	Eléctrica.....	19
1.1.3.3	Mecánica.....	19
1.1.3.4	Nuclear.....	19
1.1.4	Reacción Química en Cadena.....	20
1.2	Etapas del Fuego.....	22
1.2.1	Primera Etapa.....	22
1.2.2	Segunda Etapa.....	22
1.2.3	Tercera Etapa.....	22
1.2.4	Cuarta Etapa.....	22
<b>2.</b>	<b>Principales Causas de los Incendios a bordo.....</b>	<b>23</b>
2.1	Ignición Espontánea.....	23
2.1.1	Fugas de Combustibles y Aceites en la Cámara de Máquinas.....	23
2.2	Recalentamiento de Cojinetes.....	23
2.3	Aparatos Eléctricos.....	24
2.4	Cigarrillos.....	24
2.5	Equipo de Cocina.....	25

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>

2.6 Trabajos en Caliente.....	26
2.7 Tormentas Eléctricas.....	27
2.8 Roedores.....	27
2.9 Lámparas y Otros Equipos con Cables Flexibles.....	27
2.10 Electricidad Estática.....	27
2.11 Cortocircuitos.....	28
<b>3. Principios Generales de la Protección contra el Fuego.....</b>	<b>28</b>
<b>Capítulo 2 TIPOS DE FUEGO Y AGENTES EXTINTORES.....</b>	<b>34</b>
<b>1. Definiciones y Designaciones de las Clases de Fuego.....</b>	<b>34</b>
1.1 Incendios de Clase A.....	34
1.2 Incendios de Clase B.....	35
1.3 Incendios de Clase C.....	35
1.4 Incendios de Clase D.....	35
1.5 Incendios de Clase E.....	36
<b>2. Agentes Extintores.....</b>	<b>36</b>
2.1 Agua.....	36
2.1.1 El Agua.....	36
2.1.2 Agua Nebulizada.....	38
2.2 Dióxido de Carbono.....	40
2.3 Halon.....	42
2.4 Espuma (Foam).....	47
2.4.1 Espuma con Proteínas.....	48
2.4.2 Espuma con Fluoproteínas.....	49
2.4.3 Espuma con Formación de Películas de Fluoproteínas.....	49
2.4.4 Espuma con Detergente Sintético.....	49



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>



2.4.5 Espuma Resistente al Alcohol.....	50
2.4.6 Espuma con Formación de Película Acuosa.....	50
<b>Capítulo 3 SISTEMAS DE CONTRAINCENDIOS EN LOS BUQUES.....</b>	<b>55</b>
<b>1. Sistemas Fijos de Contraincendios.....</b>	<b>55</b>
1.1 Sistema General de Contraincendios (Agua Salada).....	55
1.1.1 Bombas de Contraincendios.....	57
1.1.1.1 Bomba Principal de Contraincendios.....	57
1.1.1.2 Bomba de Emergencia de Contraincendios.....	59
1.1.2 Red de Tuberías.....	62
1.1.3 Bocas de Contraincendios.....	64
1.2 Sistema de Rociadores (Sprinklers).....	65
1.2.1 Rociadores.....	67
1.2.1.1 Componentes de un Rociador Automático.....	67
1.2.1.2 Clasificación de los Rociadores Automáticos.....	71
1.2.1.3 Clasificación de las Boquillas Pulverizadoras.....	72
1.2.2 Tanques a Presión.....	72
1.2.3 Bombas de Rociadores.....	73
1.2.4 Clasificación de los Sistemas.....	73
1.2.5 Utilización de Rociadores Automáticos.....	75
1.2.6 Categorías Especiales y Espacios de Carga de Buques tipo RO/RO.....	76
1.3 Sistema de Agua Nebulizada.....	76
1.3.1 Difusores Abiertos y Cerrados.....	77
1.3.2 Equipos de Bombeo.....	78
1.3.3 Botellas de Alta Presión.....	79
1.3.4 Válvulas Direccionables.....	80

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>

1.4 Sistema de Dióxido de Carbono.....	80
1.4.1 Sistema de Alta Presión.....	80
1.4.2 Sistema de Baja Presión.....	80
1.5 Sistema de Halon.....	82
1.6 Sistema de Espuma.....	84
1.6.1 Componentes del Sistema.....	84
1.6.1.1 Circuito de Agua de Contraincendios.....	84
1.6.1.2 Depósito de Espumógeno.....	85
1.6.1.3 Elementos de Dosificación.....	85
1.6.2 Tipos de Sistemas de Espuma.....	86
1.6.1 Sistema de Espuma de Alta Expansión.....	86
1.6.2 Sistema de Espuma de Baja Expansión.....	87
1.6.3 Sistema de Espuma de Media Expansión.....	91
<b>2. Equipos Semi-portátiles de Extinción.....</b>	<b>92</b>
2.1 Mangueras y Boquillas.....	93
2.2 Cañones y Lanzaespumas.....	95
2.3 Lanzas.....	96
<b>3. Extintores Portátiles de Contraincendios.....</b>	<b>97</b>
3.1 Sistemas de Clasificación de los Extintores.....	97
3.1.1 Clasificación de Clase A.....	98
3.1.2 Clasificación de Clase B.....	99
3.1.3 Clasificación de Clase C.....	99
3.1.4 Clasificación de Clase D.....	99
3.1.5 Múltiples Señales.....	99
3.2 Tipos de Extintores Portátiles.....	100

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>

3.2.1	Extintor Portátil de Dióxido de Carbono.....	100
3.2.2	Extintor Portátil de Agua.....	102
3.2.3	Extintor de Polvo Seco.....	104
<b>Capítulo 4 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.....</b>		<b>111</b>
<b>1. Introducción (Los Buques).....</b>		<b>111</b>
1.1	Buque Tipo O.B.O.....	111
1.1.1	Características del Buque O.B.O.....	112
1.1.2	Plano General del Buque O.B.O.....	113
1.2	Buque tipo Bulk-Carrier.....	114
1.2.1	Características del Buque Bulk-Carrier.....	114
1.2.2	Plano General del Buque Bulk-Carrier.....	115
<b>2. Sistema General de Contraincendios (Agua Salada).....</b>		<b>116</b>
2.1	Objetivo.....	116
2.2	Datos de entrada de Diseño.....	116
2.3	Normativa Aplicada.....	116
2.4	Cálculo del Diámetro del Colector Principal de Sentinas.....	116
2.4.1	Buque como “Bulk-Carrier”.....	116
2.4.2	Buque como “Petrolero”.....	117
2.4.3	Diámetro del Colector Principal de Sentinas.....	117
2.5	Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas.....	117
2.6	Determinación de las Características Principales de las Bombas Principales C.I.....	117
2.6.1	Número de Bombas Principales de Contraincendios.....	118
2.6.2	Capacidad Unitaria.....	118
2.6.2.1	Primer Criterio de Dimensionamiento.....	118
2.6.2.2	Segundo Criterio de Dimensionamiento.....	118



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>

2.6.2.3 Tercer Criterio de Dimensionamiento.....	119
2.6.3 Altura Manométrica.....	119
2.7 Elección del Tipo de Bomba Principal de Contraincendios.....	120
2.8 Estimación de la Potencia del Motor de cada Bomba.....	121
2.8.1 Potencia en el Eje de la Bomba.....	121
2.8.2 Potencia del Motor Eléctrico.....	121
2.9 Especificación Técnica de Demanda de las Electro-Bombas Principales.....	121
2.10 Consideraciones relativas a las Bombas de Contraincendios de Emergencia.....	122
2.11 Determinación de las Características de la Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	123
2.11.1 Número de Bombas de Contraincendios de Emergencia.....	123
2.11.2 Capacidad Unitaria.....	124
2.11.2.1 Primer Criterio de Dimensionamiento.....	124
2.11.2.2 Segundo Criterio de Dimensionamiento.....	124
2.11.3 Altura Manométrica.....	125
2.12 Elección del tipo de Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	125
2.13 Ubicación de la Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	125
2.14 Alimentación Eléctrica de la Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	126
2.15 Colector del Sistema General de Contraincendios.....	127
2.16 Selección de la Tubería Normalizada.....	127
<b>3. Sistema de Espuma de Baja Expansión.....</b>	<b>130</b>
3.1 Objetivo.....	130
3.2 Datos de Entrada de Diseño.....	130
3.3 Normativa Aplicada.....	130
3.4 Cálculo del Caudal Mínimo de Solución Espumosa.....	130
3.5 Cálculo del Caudal descargado por 2 Mangueras de Agua.....	131

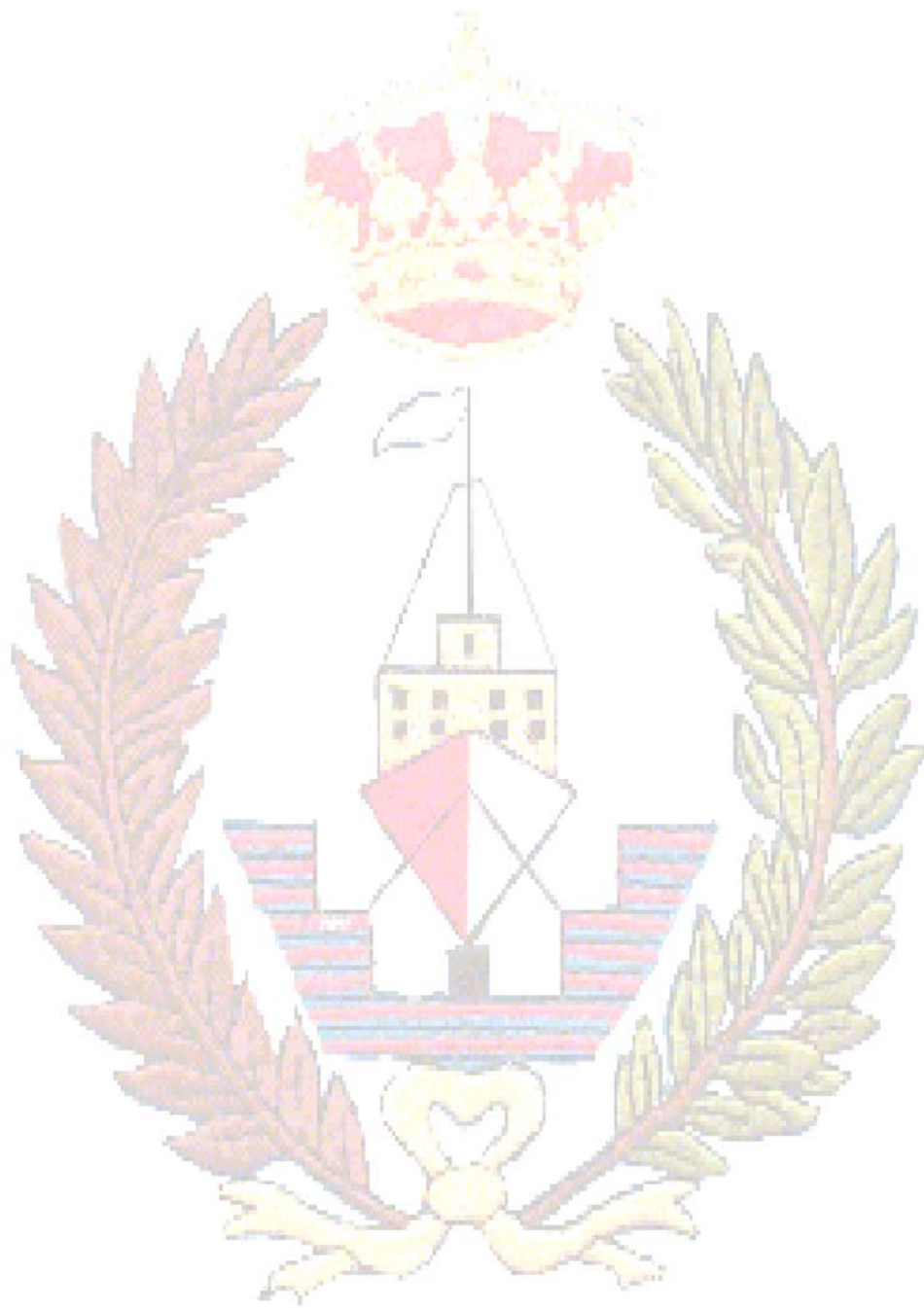


	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>



3.6 Características Principales de las Bombas de Agua Salada del Sist. de Espuma.....	132
3.7 Estimación de la Potencia del Motor de cada Bomba.....	132
3.7.1 Potencia en el Eje de la Bomba.....	133
3.7.2 Potencia del Motor Eléctrico.....	133
3.8 Especificación Técnica de Demanda de las Electro-Bombas.....	133
3.9 Determinación del número de Monitores.....	133
3.10 Capacidad Mínima Unitaria de los Monitores.....	134
3.11 Selección del Tipo de Tobera a instalar en los Motores.....	134
3.12 Características de los Monitores.....	136
3.13 Determinación de las Características de las Bombas de Espuma.....	137
3.13.1 Tipo de Bomba.....	137
3.13.2 Caudal.....	137
3.13.3 Altura Manométrica.....	138
3.13.4 Número de Bombas de Espuma.....	138
3.14 Dimensionamiento del Tanque de Líquido Espumógeno.....	139
3.15 Selección del Método de Dosificación de Espuma.....	139
3.16 Aplicadores de Espuma.....	141
3.17 Red de Tuberías.....	141
3.17.1 Tuberías de Agua Salada y de Solución Espumosa.....	141
3.17.2 Diámetros de las Tuberías.....	141
3.17.3 Tratamiento Anticorrosivo.....	143
3.17.4 Válvulas.....	143
3.17.5 Tubería de Líquido Espumógeno.....	144
<b>4. Sistema de CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>145</b>
4.1 Objetivo.....	145

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE GENERAL</b>	<b>Octubre 2008</b>

4.2 Datos de entrada de Diseño.....	145
4.3 Normativa Aplicada.....	145
4.4 Selección del tipo de Sistema Fijo de Extinción de Incendios por CO <sub>2</sub> .....	145
4.5 Cantidad Mínima de CO <sub>2</sub> requerida.....	146
4.6 Determinación del Número mínimo de Botellas de CO <sub>2</sub> .....	147
4.7 Cálculo del Peso Total de las Botellas Cargadas de CO <sub>2</sub> .....	148
4.8 Superficie Mínima requerida para la instalación de las Botellas de CO <sub>2</sub> .....	148
4.9 Requisitos relativos a las Botellas de CO <sub>2</sub> .....	148
4.10 Requisitos relativos al Local de CO <sub>2</sub> .....	148
4.11 Requisitos relativos a la Red de Tuberías.....	150
4.12 Dimensionamiento de la Red de Tuberías.....	153
4.13 Válvulas Distribuidoras.....	154
4.14 Dispositivos de “Disparo”.....	154
4.15 Sistemas de Alarma.....	155
<b>5. Presupuesto Sistema de CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>156</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>159</b>





## Capítulo 1 **TEORÍA DEL FUEGO**

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 1</b>	<b>Octubre 2008</b>

## Capítulo 1 TEORÍA DEL FUEGO

<b>1. La Naturaleza del Fuego</b> .....		12
1.1 El Tetraedro del Fuego.....		13
1.1.1 Oxígeno.....		14
1.1.2 Combustible.....		15
1.1.3 Fuente de Calor.....		17
1.1.3.1 Química.....		17
1.1.3.2 Eléctrica.....		19
1.1.3.3 Mecánica.....		19
1.1.3.4 Nuclear.....		20
1.1.4 Reacción Química en Cadena.....		20
1.2 Etapas del Fuego.....		22
1.2.1 Primera Etapa.....		22
1.2.2 Segunda Etapa.....		23
1.2.3 Tercera Etapa.....		23
1.2.4 Cuarta Etapa.....		23
<b>2. Principales Causas de los Incendios a Bordo</b> .....		23
2.1 Ignición Espontánea.....		23
2.1.1 Fugas de Combustibles y Aceites en la Cámara de Máquinas.....		24
2.2 Recalentamiento de Cojinetes.....		24
2.3 Aparatos Eléctricos.....		24
2.4 Cigarrillos.....		25
2.5 Equipo de Cocina.....		25
2.6 Trabajos en Caliente.....		26
2.7 Tormentas Eléctricas.....		27



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 1</b>	<b>Octubre 2008</b>



2.8 Roedores.....27

2.9 Lámparas y Otros Equipos con Cables Flexibles.....27

2.10 Electricidad Estática.....27

2.11 Cortocircuitos.....28

**3. Principios Generales de la Protección Contra el Fuego.....28**

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

## Capítulo 1

# TEORÍA DEL FUEGO

## 1. LA NATURALEZA DEL FUEGO

El Fuego es una reacción química cuyos elementos, (Carbono, Hidrógeno...), están combinados con Oxígeno, produciendo una liberación de energía en forma de calor y luz.

Podríamos definir incendio como el siniestro del que resulta la destrucción total o parcial del buque o la avería de algún elemento por medio del fuego.

Hay varias definiciones que consideramos interesantes mencionar antes de continuar con la definición del fuego.

**Temperatura o Punto de Combustión:** es aquella en que los vapores de un combustible, en presencia de oxígeno arden al ponerse en contacto con una fuente de calor (llama, chispa eléctrica...) , y continua ardiendo.



**Temperatura o Punto de Inflamación:** es aquella en 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, producen una pequeña explosión y no se apagan.

**Temperatura de Autoignición.** Es la temperatura mínima para que un producto entre en combustión de forma espontánea. Esta característica de las sustancias limita la temperatura máxima superficial de los equipos eléctricos que pueden entrar en contacto con ella.

**Límites de Explosión o Inflamabilidad.** Los gases que forman mezclas inflamables con el Oxígeno o aire, tienen unas concentraciones mínimas por debajo de las que no se propaga la llama. La mayor parte de los gases y vapores inflamables tienen también una proporción máxima de gas o vapor de aire por encima de la que no se propaga la llama, en el límite máximo es cuando se dice que la mezcla aire-combustible es demasiado rica para arder y en el mínimo, que la mezcla es pobre y tampoco arderá. Al campo existente entre estos dos límites se llama margen de explosión, dentro del que la mezcla se denomina rica.

**Principio de la Combustión:** la definimos como una oxidación rápida con desprendimiento de luz y calor. El conocimiento de las condiciones que determina si la combustión de una sustancia tiene lugar es esencial para comprender los principios de prevención, control y extinción de incendios.

**Reacción de Oxidación:** Las reacciones de oxidación que se producen en los incendios son exotérmicas, es decir, uno de los elementos liberados en la reacción es el calor.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

Para que se produzca una reacción rápida de oxidación tienen que estar presentes un material combustible y un material oxidante, en principio, podemos decir que cualquier cuerpo compuesto de carbono o hidrógeno puede ser oxidado. El Carbono y el Hidrógeno entran en las composiciones de la mayor parte de los combustibles sólidos orgánicos, líquidos y gases inflamables.

**El Agente Oxidante más común es el Oxígeno.** El aire está formado, aproximadamente, por 1/5 de Oxígeno y 4/5 de Nitrógeno, pero algunos compuestos químicos, como el Nitrato de Sodio ( $\text{NO}_3\text{Na}$ ) y el Cloruro Potásico ( $\text{ClO}_3\text{K}$ ) desprenden Oxígeno en determinadas condiciones e intervienen en muchos incendios, también algunos plásticos contienen Oxígenos en sus moléculas y pueden arder sin la presencia del Oxígeno del aire. La combustión también puede realizarse en atmósfera de Cloro, Anhídrido Carbónico y en algunos casos otros gases sin que haya Oxígeno, así como el Circonio pulverizado pueden arder en  $\text{CO}_2$ .

**Autoignición y Combustión:** La oxidación de cualquier material tiene lugar siempre que haya presente un agente oxidante, pero a temperatura ambiente esta reacción de oxidación es tan lenta que apenas es perceptible. Cuando se eleva la temperatura la oxidación se hace más rápida y genera gran cantidad de calor al alcanzarse y tiene lugar la combustión.

## 1.1 El Tetraedro del Fuego

El fuego necesita de tres elementos básicos: combustible, calor y un aporte de Oxígeno, siendo el aire la fuente más común. Durante muchos años, el triángulo del fuego (Oxígeno, combustible y calor) se utilizó para enseñar los componentes del fuego. Aunque este ejemplo sencillo resulta útil, no es técnicamente correcto. Para que se produzca una combustión, se necesitan **cuatro componentes**:

### 1.1.1-Oxígeno (Agente Oxidante)

### 1.1.2-Combustible

### 1.1.3-Fuente de Calor

### 1.1.4-Reacción Química en Cadena.

Estos componentes se pueden describir gráficamente como el “**Tetraedro del Fuego**”. Cada componente del tetraedro debe estar en su lugar para que la combustión se produzca. Este concepto es extremadamente importante para las personas que estudian la supresión, prevención e investigación de incendios. Si falta uno de los cuatros componentes, la combustión no se produce. Si la ignición ya se ha producido, el fuego se extingue cuando uno de los componentes se elimina de la reacción.





### 1.1.1 Oxígeno

Los agentes oxidantes son aquellos materiales que ceden Oxígeno u otros gases oxidantes durante el curso de una reacción química. Los oxidantes no son combustible en sí, pero hacen que se produzca una combustión cuando se combinan con un combustible. Aunque el Oxígeno es el oxidante más habitual, también existen otras sustancias que entran en esta categoría. Los más habituales son:

- Bromatos
- Bromina
- Cloratos
- Clorina
- Fluorina
- Yodina
- Nitratos
- Ácido nítrico
- Nitritos
- Percloratos
- Permanganatos
- Peróxidos

El Oxígeno en el aire a nuestro alrededor se considera el agente oxidante primario. Por regla general, el **aire** está compuesto por un **21% de Oxígeno**. A temperatura ambiente (21 grados centígrados), la combustión puede seguir produciéndose en concentraciones de Oxígeno tan bajas como un 14%. Sin embargo, las investigaciones muestran que a medida que aumenta la temperatura de un incendio en un compartimento, se necesitan menores concentraciones de Oxígeno para que siga existiendo combustión con llama. En estudios de fuegos en compartimentos, se ha observado la combustión con llama en condiciones de temperatura post-flashover (la fase de desarrollo completo y la fase de disminución) cuando las

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

concentraciones de Oxígeno han sido muy bajas. Algunas investigaciones indican que la concentración puede ser inferior al 2%.

Cuando las concentraciones de Oxígeno sobrepasan el 21% se dice que la atmósfera está enriquecida con Oxígeno. En estas condiciones, los materiales presentan unas características de combustión muy diferentes. Los materiales que arden en los niveles normales de Oxígeno, se queman más rápidamente en las atmósferas enriquecidas con Oxígeno y pueden incendiarse más fácilmente de lo normal. Algunos materiales derivados de la gasolina se auto inflaman en atmósferas enriquecidas con Oxígeno. Muchos materiales que no arden a niveles normales de Oxígeno arden con rapidez en atmósferas enriquecidas con Oxígeno. Uno de estos materiales es Nomex, un material resistente al fuego que se utiliza para fabricar mucha de la ropa protectora que llevan puesta los bomberos. Con niveles de Oxígeno normales, el Nomex no arde. Sin embargo, cuando se encuentra en una atmósfera enriquecida con oxígeno del 31% aproximadamente, el Nomex se incendia y arde con mucha energía. Los incendios en atmósferas enriquecidas con Oxígeno son más difíciles de extinguir y presentan un peligro de seguridad potencial para los bomberos que interviene en ellos. Estas condiciones se pueden dar en instalaciones de atención sanitaria, en industrias o incluso en domicilios particulares, cuyos inquilinos utilicen equipos de respiración de Oxígeno.

### 1.1.2 Combustible



El combustible es el material o la sustancia que se oxida o arde en el proceso de combustión. En términos científicos el combustible de una reacción de combustión se conoce como el "Agente Reductor". La mayoría de los combustibles más comunes contienen Carbón junto con combinaciones de Hidrógeno y Oxígeno. Estos combustibles se pueden subdividir en combustibles derivados de hidrocarburos (como la Gasolina, el fuel-oil y los plásticos) y materiales derivados de la celulosa (como la madera o el papel). Otros combustibles con una combustión menos compleja tienen una composición química que incluye gas hidrógeno y metales combustibles tales como el Magnesio y el Sodio. En el proceso de combustión intervienen dos factores claves relacionados con el combustible: el estado físico del combustible y su distribución. Estos factores se explican ahora.

El combustible puede encontrarse en cualquiera de los tres estados de la materia: sólido, líquido o gaseoso; pero para que los combustibles ardan, éstos deben estar normalmente en estado gaseoso. En el caso de los sólidos y los líquidos, se debe emplear energía para provocar que cambien de estado.

Los Combustibles sólidos se transforman en gases combustibles mediante la pirolisis. La pirolisis es la descomposición química de una sustancia mediante la acción del calor. Dicho de un modo más sencillo, cuando los combustibles sólidos se calientan, los materiales combustibles se desprenden de la sustancia. Si existe suficiente combustible y calor, el proceso de pirolisis genera la cantidad suficiente de gas inflamable para provocar la ignición, siempre y cuando los demás elementos del tetraedro del fuego estén presentes.

Por su naturaleza, los combustibles sólidos tienen una forma y un tamaño definidos. Esta propiedad afecta significativamente a la facilidad con que se encienden. Es muy importante tener en cuenta el coeficiente de superficie-masa del combustible. El coeficiente de superficie-



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

masa es el área de superficie del combustible en proporción a la masa. Uno de los mejores ejemplos del coeficiente de superficie-masa es la madera. Para producir materiales útiles, se debe cortar un árbol en un leño. La masa de este leño es muy alta, pero su área de superficie es relativamente escasa, por este motivo el coeficiente de superficie-masa es bajo. Se sierra el leño en tablas. El resultado de este proceso es una reducción de la masa de las tablas individuales en comparación con el leño, pero el área de superficie resultante aumenta, por lo que el coeficiente de superficie-masa también se incrementa. El serrín que se desprende mientras se sierra la madera tiene incluso un coeficiente de superficie-masa superior. Si las tablas se lijan, el polvo resultante tiene el coeficiente superficie-masa más alto de todos los ejemplos. A medida que este coeficiente aumenta, las partículas combustibles se hacen más pequeñas y su capacidad de ignición se incrementa extraordinariamente. A medida que el área de superficie aumenta, se expone al calor más parte del material, lo que genera más gases inflamables debido a la pirolisis.



La posición real de un combustible sólido también afecta al modo en cómo arde. Si el combustible sólido está en posición vertical, la expansión del fuego será más rápida que si está en posición horizontal.

En el caso de los líquidos, los gases combustibles se generan a partir de un proceso llamado vaporización. En términos científicos, la *vaporización* es la transformación de un líquido a su estado de vapor o gaseoso. La transformación de líquidos a la atmósfera circundante. Para que las moléculas se liberen de la superficie del líquido debe haber una entrada de energía. En la mayoría de los casos, esta energía se presenta en forma de calor, por ejemplo, el agua que queda en una olla acaba evaporándose. La energía que se necesita para este proceso procede del Sol o del entorno de alrededor. El agua en la misma olla sobre un fogón y calentada hasta la ebullición se vaporiza más rápidamente porque se aplica energía al sistema. La tasa de vaporización se determina según la sustancia y la cantidad de energía calorífica que se le aplica.

La vaporización de los combustibles líquidos requiere generalmente una entrada de energía menor que la pirolisis de los combustibles sólidos. Esto se debe, principalmente, a las diferentes densidades de las sustancias en estado sólido y líquido, y al hecho que las moléculas de una sustancia en estado líquido tienen más energía que cuando están en estado sólido. Los sólidos también absorben más energía por su masa. La volatilidad o facilidad con que un líquido libera vapor influencia su capacidad de ignición. Todos los líquidos liberan vapores en mayor o menor medida sencillamente por evaporación. Los líquidos que liberan fácilmente cantidades de vapores inflamables o combustibles pueden ser peligrosos.

Los combustibles gaseosos pueden ser los más peligrosos de todos los tipos de combustibles, porque ya se encuentran en el estado natural necesario para la ignición. No se necesita ninguna pirolisis o vaporización para preparar el combustible y se requiere menos energía para la ignición.

La tabla siguiente presenta las gamas de inflamabilidad de algunos de los materiales más habituales. Los límites de inflamabilidad de los gases combustibles se presentan en los manuales de química.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

**Rangos de inflamabilidad de materiales seleccionados**

<b>Material</b>	<b>Límite inferior de inflamabilidad (LII)</b>	<b>Límite superior de inflamabilidad (LSI)</b>
Acetileno	2,5	100,0
Monóxido de Carbono	12,5	74,0
Alcohol etílico	3,3	19,0
Fuel-oil nº. 1	0,7	5,0
Gasolina	1,4	7,6
Hidrógeno	4,0	75,0
Metano	5,0	15,0
Propano	2,1	9,5

Los límites se calculan normalmente a temperatura y presión atmosférica. Las variaciones en la temperatura y la presión pueden hacer que el rango de inflamabilidad varíe considerablemente. Por regla general los incrementos de temperatura o de presión amplían el rango y las disminuciones lo reducen.



**1.1.3 Fuente de Calor**

La Fuente de Calor es el componente energético del tetraedro del fuego. Cuando el calor entra en contacto con un combustible, la energía hace que la reacción de combustión continúe de los siguientes modos:

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

La mayoría de los tipos de energía que hemos comentado anteriormente producen calor. Sin embargo, en lo que se refiere a nuestra explicación sobre el fuego y su comportamiento, la energía química, eléctrica y mecánica son las fuentes más comunes de calor que provocan la ignición de un combustible. Cada una de estas se describen a continuación:

**1.1.3.1 Química.** La Energía Calorífica Química es la fuente de calor más habitual en las reacciones de combustión. Cuando un combustible está en contacto con el Oxígeno, se produce la oxidación. Este proceso casi siempre produce calor. El calor generado cuando una cerilla normal arde es un ejemplo de energía calorífica química.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

La Autoinflamación (también conocida como calentamiento espontáneo) es una forma de energía calorífica química que se produce cuando la temperatura de un material se incrementa sin que intervenga calor externo. Por regla general, el calor se produce lentamente mediante la oxidación y se escapa a su alrededor casi tan rápido como se genera. Para que la Autoinflamación se convierta en ignición espontánea, el material debe calentarse hasta su temperatura de ignición (la temperatura mínima que permite que se produzca la combustión en cadena de una sustancia específica). Para que se produzca una ignición espontánea, se deben dar las siguientes condiciones:

- La tasa de producción de calor debe ser suficientemente alta para incrementar la temperatura del material hasta su temperatura de ignición.
- El suministro de aire disponible (ventilación) en el material que se calienta y a su alrededor debe ser el adecuado para que la combustión exista.
- Las propiedades de aislamiento del material que rodea inmediatamente al combustible deben ser tales que el calor generado no se disipe.

Un ejemplo de situación que podría conducir a una ignición espontánea serían unos cuantos trapos mojados con aceite y enrollados en forma de bola tirados en una esquina. Si el calor generado por la oxidación natural del aceite y el tejido no puede disiparse, ya sea por el movimiento de aire alrededor de los trapos o algún otro método de transferencia del calor, la temperatura del tejido será finalmente suficiente para provocar la ignición.

La tasa de reacción de oxidación y, por lo tanto, la producción de calor aumenta a medida que se incrementa el calor generado y conservado por los materiales que aíslan el combustible. De hecho, la tasa en la que se producen más reacciones químicas se duplica con cada incremento de  $-7,7^{\circ}\text{C}$  ( $18^{\circ}\text{F}$ ) en la temperatura de los materiales de la reacción. Cuanto más calor genera y absorbe el combustible, más rápido se produce la reacción causante de la generación de calor. Cuando el calor generado por una reacción de autoinflamación sobrepasa el calor que se pierde, el material puede alcanzar la temperatura de ignición y prender espontáneamente. En la tabla se muestra una lista con algunos de los materiales habituales que son susceptibles a la autoinflamación.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

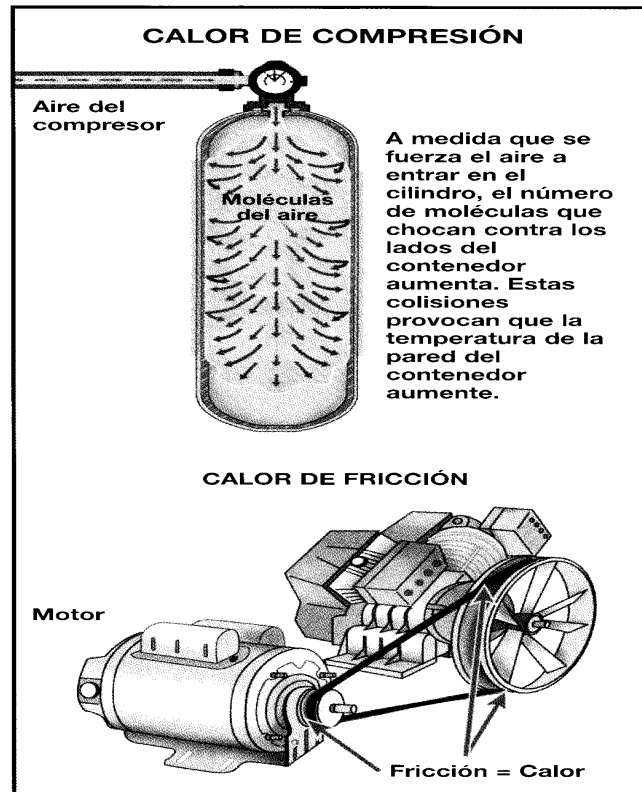
**Materiales sujetos a calentamiento espontáneo**

<b>Material</b>	<b>Tendencia</b>
Carbón vegetal	Alto
Pescado/aceite de pescado	Alto
Trapos con aceite de linaza	Alto
Cebada	Moderado
Fertilizantes	Moderado
Goma espuma	Moderado
Heno	Moderado
Estiércol	Moderado
Polvo metálico de hierro	Moderado
Papel desechable	Moderado
Trapos (embalaje)	De bajo a moderado

**1.1.3.2 Eléctrica.** La Energía Calorífica Eléctrica puede generar temperaturas lo suficientemente altas como para hacer prender los materiales combustibles cerca del área calentada. El calentamiento eléctrico puede producirse de muchos modos, incluyendo los siguientes:

- Flujo de corriente a través de una resistencia
- Sobrecorriente o sobrecarga
- Formación de arco eléctrico
- Chispas
- Electricidad estática
- Rayos

**1.1.3.3 Mecánica.** La Energía Calorífica Mecánica se genera por Fricción y Compresión. El calor de fricción se crea por el movimiento de dos superficies de una contra la otra. Este movimiento provoca que se genere calor y/o chispas. El calor de compresión se genera cuando un gas se comprime. Los motores diesel utilizan este principio para encender el vapor combustible sin bujía de encendido. Este es el mismo principio por el cual los cilindros del aparato de respiración autónoma están calientes después de rellenarlos.



Ejemplos de energía calorífica mecánica.

**1.1.3.4 Nuclear.** La Energía Calorífica Nuclear se genera cuando se separan (Fisión) o se combinan (Fusión) los átomos. En un ambiente controlado, la fisión genera el vapor que mueve las turbinas y produce electricidad. Las reacciones de fusión no se pueden contener en la actualidad, por lo que no tienen un uso comercial.



#### 1.1.4 Reacción Química en Cadena

La combustión es una reacción compleja que necesita un combustible (en estado gaseoso o de vapor), un oxidante y energía calorífica combinados de forma muy específica. Una vez se produce la combustión con llama o el fuego, éste sólo puede continuar si existe energía calorífica suficiente que produzca la formación continua de los vapores o gases combustibles. Los científicos denominan reacción en cadena a este tipo de reacción. Una reacción en cadena es una serie de reacciones que ocurren secuencialmente cuyos resultados individuales se suman a los del resto.

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

**Es lógico pensar que la forma de evitar la formación de fuego es eliminando al menos uno de estos elementos o más.**



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

Sin embargo hay excepciones respecto al componente aire ya que hay Nitratos y Cloratos que hacen las veces de Oxígeno y pueden soportar las condiciones mínimas para que se produzca el fuego, siendo estos elementos muy peligrosos cuando son transportados en buques produciendo explosiones inesperadas. Los fuegos producidos por nitratos y cloratos se sofocan con la aplicación de gran cantidad de agua, mediante mangueras y escotillas abiertas.

En situaciones donde existan materiales combustibles, en función de la situación de estos, el fuego se propagara hacia arriba y hacia afuera desde el punto de origen por Convención, Radiación y Conducción de calor.



Entre el 75 y el 85 por ciento del calor producido en un fuego se transfiere por Convención. El calor producido por un fuego alcanza un valor de entre 800 a 1200 grados centígrados, a esta temperatura el aire es expandido a mas o menos un cuarto de su densidad en condiciones normales de temperatura ambiente. También el calor producido por los gases forma una corriente de convención, viajando hacia arriba a alta velocidad formando una columna turbulenta, esparciendo calor por encima y a los alrededores de la zona de la combustión. Este resultado, aparte de otras cosas, atrae aire fresco a la base del fuego, con lo cual incrementa y acelera el crecimiento del mismo.

Cuando se dan estas condiciones se produce un aumento rápido de temperatura y propagación de la misma a materiales combustibles anexos al punto base del fuego, con los cual aumenta el volumen del mismo. Esto se puede producir directamente o bien desde puntos secundarios producidos por ignición de vapores combustibles contenidos en los gases procedentes del fuego que no han sido consumidos con anterioridad, pero que si lo han hecho ahora con la llegada de aire fresco. Este fenómeno retardado puede observarse entre el humo y probablemente a una distancia considerable del foco principal.

Cuando aparece un fuego en un compartimento cerrado los gases calientes se elevan hasta el techo, repartiéndose a lo largo del mismo formando un punto caliente. Según avanza el fuego, este punto caliente aumentará la temperatura y la profundidad del mismo en el techo, una vez consumido todo el Oxígeno el fuego morirá quedando un denso humo lleno de vapores combustibles sin quemar a la temperatura de ignición o por encima de esta. Sí abrimos una puerta o ventana en estas condiciones entrará una gran cantidad de aire fresco que se mezclará con esos vapores antes mencionados y se producirá una reacción inmediata que producirá llamas y una gran explosión. Este fenómeno se llama Flash-over y normalmente constituye la división entre un fuego controlado menor y un fuego descontrolado de mayores dimensiones que puede provocar el abandono del barco.

La Radiación es la responsable de la propagación del fuego a un menor pero significativo grado. El material combustible anexo al foco principal del fuego puede que no prenda por la convención del propio fuego pero si por las radiaciones de los gases que este provoca aumentando considerablemente el volumen del fuego.

El fuego también puede ser propagado por Conducción de calor. Los buques están construidos en su mayor parte de Acero, el cual es un buen conductor de calor, factor importante a tener en

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

cuenta y el cual tenemos que extremar la precaución para evitar la propagación del fuego de un compartimento a otro a través de la estructura.

Es un factor fundamental que el fuego crea las condiciones para su propio crecimiento, y a más crecimiento, más se potencia esta condición. Es esencial por seguridad que el fuego sea controlado y si es posible que sea extinguido sin retraso, o de lo contrario puede llegar a dimensiones que no puedan ser controladas por los propios equipos de extinción que disponemos. Esto es incluso más importante a bordo que en tierra ya que los equipos son limitados y la ayuda del exterior probablemente será inexistente.

Respecto al calor y las llamas, la mayoría de los fuegos producen humos y gases, de los cuales algunos son tóxicos o asfixiantes. El humo oscurece la zona y limita la localización del fuego siendo este uno de los mayores problemas a la hora de la lucha contra el mismo. Al mismo tiempo reduce la visión en toda la zona y puede llegar a ser un problema a la hora de buscar una salida del lugar, por ejemplo para el personal que esté en sus camarotes, o en la zona más baja del buque, y deseen salir hacia la zona de embarcaciones de salvamento o a la propia cubierta.

Los tipos de gases que principalmente encontramos en un fuego son Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono, al igual que otros gases que serán en mayor o menor proporción en función del material que esté envuelto en el fuego.

El Monóxido de Carbono es absorbido preferentemente por la hemoglobina de la sangre privando al cuerpo de Oxígeno incluso en concentraciones pequeñas; respirar dos o tres veces este gas puede producir la inconsciencia y más tarde la muerte en cuestión de dos o tres minutos.

Referente al Dióxido de Carbono no es tóxico; la inconsciencia ocurriría para una concentración de al menos el 9%. Sin embargo, una respiración continuada de este gas puede que acumule, mediante pequeñas dosis, otros materiales combustibles tóxicos o asfixiantes.

El efecto físico producido por la combinación de estos dos productos son irritación de los ojos, nariz, garganta y pulmones, y una reducción parcial o total de la visión.



Psicológicamente el hecho de respirar y ver humo puede producir pánico, incluso en zonas donde ya no hay peligro de llamas y altas temperaturas.

De las **muer**tes atribuidas al fuego, la mayoría son producidas por **Asfixia e Intoxicación**.

## 1.2 Etapas del Fuego

En el desarrollo de un incendio fuego pueden diferenciarse cuatro etapas diferentes, que duran intervalos de tiempo más o menos largos de acuerdo con las circunstancias y combustibles de que se trate.

**1.2.1 Primera Etapa:** El fuego está en estado latente, sin producir ningún tipo de humo visible,

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

llama o calor apreciable. No obstante, se está desarrollando un proceso de combustión, que produce el ascenso vertical de partículas invisibles ionizadas. Esta etapa puede durar muchos minutos e incluso varias horas.

**1.2.2 Segunda Etapa:** Se desarrolla una cantidad de partículas de combustión tal que su acumulación produce humo visible, sin llama ni calor apreciable. Esta etapa puede también durar horas o minutos.

**1.2.3 Tercera Etapa:** Una vez el proceso de combustión ha desprendido el calor suficientemente para elevar la temperatura a la autoignición de combustible, y bajo condiciones favorables de existencias de oxígeno, se desarrollan con gran rapidez las llamas con el desprendimiento de rayos infrarrojos, ultravioletas y luz. El calor empieza a aumentar. Esta etapa puede durar minutos o segundos.

**1.2.4 Cuarta Etapa:** A las llamas sigue la producción de un gran calor, con humos y gases tóxicos y es el momento en que el fuego ha tomado verdaderamente cuerpo. Su desarrollo se produce en segundos.

Podríamos decir que la base de la que partimos para intentar reducir al máximo los accidentes a bordo relacionados con el fuego es:

***“Si el fuego se detecta en las dos primeras etapas podrá normalmente ser controlado con medios portátiles, pero si se detecta en las otras dos, las dificultades para la extinción serán mucho mayores”.***

## 2. PRINCIPALES CAUSAS DE LOS INCENDIOS A BORDO



En este apartado definiremos solo alguna de las causas principales de los incendios a bordo ya que sería prácticamente imposible citar todas una por una.

### 2.1 Ignición Espontánea

Cuando a los productos líquidos procedentes del petróleo se les calienta lo suficiente, se incendian sin la aplicación de una llama descubierta. Este proceso de autoignición es muy común cuando los aceites combustibles o lubricantes se pulverizan sobre una superficie caliente. También se puede producir la ignición espontánea cuando se derrama aceite sobre revestimientos, que estén calientes, al evaporarse alcanzan adecuada temperatura para estallar en llamas. Las tuberías de combustible requieren una especial atención para evitar que se rocíen de éste por pérdidas.

Otro origen de incendios por autoignición puede ser mediante paquetes de materiales humedecidos o empapados en aceite, tales como algodón, trapos, ropa sucia...

Cualquiera de éstos impregnados en aceite debe ser desechado tan pronto como sea posible.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

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

### **2.1.1 Fugas de Combustibles y Aceites en la Cámara de Máquinas**

La presencia de residuos y vapores de combustibles de máquinas, pueden causar un incendio en la cámara de máquinas, incendio que, si no se debe al combustible en origen, se desarrollará igualmente en un corto periodo de tiempo.

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

## **2.2 Recalentamiento de Cojinetes**

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



Cuando se teme que hay recalentamiento en el interior de una máquina, debe pararse inmediatamente, continuando funcionando su sistema de refrigeración si dispone de él y dejar pasar un cierto intervalo de tiempo antes de quitar las tapas que dan acceso a su interior para dar tiempo a que se enfríen los puntos calientes antes de que penetre el aire (Oxígeno) en su interior y pueda producirse una mezcla inflamable con los vapores del aceite lubricante.

Las bombas que descargan el producto de los tanques deben reconocerse exteriormente por lo menos dos veces cada guardia de cuatro horas para comprobar que no hay recalentamiento en sus cojinetes

## **2.3 Aparatos Eléctricos**

El sobrecargar las líneas por aumentar la potencia o el número de aparatos electrodomésticos o de iluminación puede dar lugar a incendios, cuando circula a través de las líneas eléctricas una intensidad mayor para las que ha sido proyectada hace que se caliente los hilos y se resequen cuarteándose las fundas protectoras. No deberá permitirse el uso indiscriminado de aparatos electrodomésticos, de alumbrado, ventiladores, estufas, etc.

Todos los aparatos electrodomésticos y de alumbrado deberían ser fijos, no deberá permitirse, bajo ningún concepto, la utilización de un aparato eléctrico que utilice un enchufe para su alimentación que no esté perfectamente sujeto a una base sólida, esta medida es necesaria

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

tomarla para evitar que con los balances del buque pueda caerse rompiendo el cable eléctrico en su caída o arrancando el enchufe.

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

## 2.4 Cigarrillos

Es necesario limitar los locales en que se pueda fumar a bordo sobre todo en los buques tanques. Debe estar prohibido fumar en cualquier parte del buque en la cual se almacene pintura, aceites, trapos, alfombras y cabos, así como en el interior de los pañoles.

El fumar en la cama está prohibido en todos los buques, puesto que se trata de una práctica extremadamente peligrosa. Muchos incendios se han originado por no haber apagado apropiadamente los cigarrillos, y por haberse quedado dormido mientras se estuvo fumando en la cama, con el consiguiente peligro de la propia persona, sus compañeros y el buque.

En buques tanques (indiferentemente de la carga que transporte) está totalmente prohibido fumar fuera del área de alojamiento y espacio de maquinaria todo el tiempo, excepto cuando el buque disponga de un certificado de estar en condición libre de gases, extendido por autoridad competente. El fumar en secreto es mucho más peligroso que fumar controladamente puesto que hay una posibilidad de que vapores inflamables puedan entrar a determinadas áreas.

A bordo de los petroleros está prohibido, a cualquier persona, llevar consigo encendedores para cigarrillos cuando se encuentren fuera del área de alojamientos o cámara de máquinas. Si un encendedor se deja caer accidentalmente, podría producirse una chispa capaz de inflamar los gases y consecuentemente provocar una explosión. Si se utilizan fósforos éstos pueden ser de seguridad, pero no deberán ser llevados fuera de los espacios de alojamiento.



## 2.5 Equipo de Cocina

A la cocina de los buques debe prestársele una especial atención. Existe una diferencia fundamental entre la cocina de una instalación terrestre y la de un buque, la cocina de la instalación terrestre es estática, no se mueve, la del buque está sometida a los balances del mismo lo que puede dar lugar a que resbalen los cacharros ( si no se colocan balanceras ) o se derrame el contenido de los mismos en el caso de determinados productos como el aceite es muy peligroso pues posiblemente se prenderá al entrar en contacto con la chapa de la cocina o el fuego directo. Aún en el caso de que se derrame agua o cualquier otro líquido no inflamable hay el riesgo de que se apague la llama y continúe saliendo el combustible.

Cerca de los fogones de la cocina deben instalarse extintores contra incendios que permitan en todo momento su rápida utilización. Bajo ningún pretexto deberá abandonarse la cocina cuando ésta esté encendida o sus placas calientes.

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



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

Cuando se empleen quemadores de Gasóleo, para impedir incendios en la chimenea y que salgan al exterior chispas debidas al hollín incandescente, deberá comprobarse frecuentemente la regulación de los quemadores. Las campanas de las chimeneas deberán estar siempre limpias.

En los buques tanque durante las operaciones de cargas, descarga o desgasificación debe pedirse permiso al Capitán antes de utilizar la cocina por si pudiera haber atmósferas inflamables. En algunos buques tanques se montan marmitas de vapor que pueden ser utilizadas en cualquier momento.

## 2.6 Trabajos en Caliente



Los trabajos con equipos que originen calor o chispas pueden dar lugar a incendios (soldaduras, cortes, etc.). Antes de iniciar un trabajo de esta naturaleza, trabajo en caliente, si se trata de un espacio cerrado debe ventilarse el compartimento y comprobarse con un detector de gases inflamables que el nivel de éstos no supera el 1% del límite inferior de inflamabilidad.

En todos los casos deberán eliminarse en un espacio de por lo menos 10 metros a la redonda de la zona de trabajo en caliente todos los cascarones de óxido, barro y sedimentos. También es necesario comprobar que los compartimentos adyacentes están desgasificados y no pueden llegar gases de otros compartimentos a través de cualquier conducto de ventilación, así como, que no hay materias inflamables que puedan incendiarse por el calor transmitido por los mamparos.

Mientras se esté desarrollando cualquier trabajo en caliente deberá estar en servicio una guardia de contra incendios equipada con extintores.

Cuando se trate de trabajos en caliente en el interior de los tanques deberán tomarse medidas especiales como:

- a) Comprobar que los espacios adyacentes están desgasificados, inertizados o llenos de agua.
- b) Se deberán aislar todas las tuberías que desemboquen en el tanque en que se esté trabajando y los espacios adyacentes.
- c) Se deben hacer verificaciones para asegurarse de que mientras se efectúan los trabajos, no hay filtraciones de los tanques adyacentes de gases tóxicos o inertes.
- d) Sólo se deberá permitir el trabajo caliente sobre tuberías y válvulas cuando se haya separado por medio de trabajo en frío la sección apropiada y los extremos abiertos del sistema restante hayan sido tapados.
- e) En buques tanques, se deberá para el bombeo del cargamento o lastre, el lavado de tanques y cualquier otra operación simultánea que use el sistema de cargamento.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.7 Tormentas Eléctricas

Los buques tanques deberán tomar precauciones durante las tormentas eléctricas. Si hay poco movimiento de aire, el gas de hidrocarburo puede quedarse sobre la cubierta en grandes concentraciones. Si hay viento soplando a través de la superestructura de los buques, puede formarse un área de baja presión sobre el costado de sotavento y consecuentemente arrastrar el gas en la dirección de la superestructura.

Cualquiera de estos efectos puede originar una concentración local de gas, si esto sucede, puede ser recomendable para las operaciones de carga, que involucran limpieza de tanques y desgasificación, mientras duren tales condiciones atmosféricas.

Durante las tormentas eléctricas relativamente cercanas, las operaciones de manejo de carga de petróleo, lastrado, desgasificado o limpieza de tanques, siguiendo descarga de tales productos, deben suspenderse y proceder a cerrar todas las aberturas de los tanques.

## 2.8 Roedores

Debe evitarse la existencia de roedores a bordo de los buques, a parte de las elementales razones de higiene que aconsejan eliminar su presencia, hay otras tantas o más importantes, dado que a estos animales les gusta el barniz que recubre los devanados de los motores eléctricos. En ocasiones ha habido serios problemas en los equipos eléctricos por esta causa que han dado origen a incendios. A partir de un determinado tamaño, los motores eléctricos que se monten a bordo deben estar protegidas contra ratas.



## 2.9 Lámparas y Otros Equipos con Cables Flexibles

Antes de utilizar líneas volantes, con cables flexibles, para la alimentación de corriente eléctrica a lámparas y otros equipos eléctricos portátiles (ventiladores, bomba, etc.) deben comprobarse el estado de los mismos y sus correspondientes conexiones.

Esto tiene especial importancia en los buques tanques donde debe prohibirse el uso de equipos eléctricos portátiles provistos de cables volantes dentro de los tanques y espacios adyacentes, o sobre la cubierta de estos tanques, a menos que durante el periodo que el equipo esté en uso se tomen las mismas precauciones que deben tomarse para los trabajos en caliente.

## 2.10 Electricidad Estática

La electricidad estática puede producir chispas de suficiente energía para encender un gas inflamable, aunque no todas las chispas tengan suficiente energía para ello. En los buques tanques pueden darse atmósferas con gas inflamable y debe tomarse medidas especiales para anular las cargas electrostáticas.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.11 Cortocircuitos

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



## 3. PRINCIPIOS GENERALES DE LA PROTECCION CONTRA EL FUEGO.

El principal **objetivo** de cualquier sistema contraincendios es **evitar** el estallido del **Fuego**, hay que reconocer que normalmente esto se produce con frecuencia y por desgracia por un error humano o por un fallo de ingeniería. Por ejemplo un fallo eléctrico no puede reducirse al 100% pero puede minimizarse mediante un buen diseño, construcción y utilización de materiales de buena calidad. También la localización de los componentes es importante, por ejemplo la colocación de un sistema de combustibles y que cuyo goteo podría incidir directamente en una zona que trabaja a altas temperaturas, provocando así el inicio de un fuego.

Lógicamente la experiencia y la práctica de los ingenieros es un papel importante en todo esto y que se reflejará en las decisiones finales. Las sociedades de clasificación y las convenciones limitan la cantidad de materiales combustibles utilizados para la propia construcción del buque al igual que la división del propio barco, estructuralmente hablando, para poder controlar los incendios en zonas localizadas y evitando la propagación a otras zonas del mismo, tales como zonas de carga, sala de maquinas...De esta forma prevenimos la extinción del fuego y daremos un razonable margen de tiempo para poder reducir el fuego a la tripulación. La detección puede lograrse mediante detectores de fuego y sistemas manuales de activación de alarma. Un variado número de extintores portátiles y un sistema fijo de contraincendios debe de funcionar correctamente en todo momento para extinguir el fuego lo más rápido posible.

Hay que mencionar que a pesar de todas las obligaciones impuestas por las sociedades de clasificación y estatutos esto no será válido si la tripulación del buque no está entrenada para la utilización de los equipos de contraincendios de forma eficaz o de reaccionar de forma responsable al enfrentarse a un fuego. Esto es de gran importancia en buques de transporte de pasajeros y hoteles flotantes donde habrá dos tipos de tripulaciones, los marineros y el resto de la tripulación (cocineros, camareros...) y hay un gran número de personas envueltas en total.

Cuando se lucha contra un fuego, hay un punto al que se debe llegar en el cual la masa de gente a parte de utilizar correctamente los equipos contraincendios tienen que ser capaces de organizar una salida de los lugares de forma ordenada y un abandono controlado. Estas precauciones se tomaran en cuenta en función de las localizaciones y de la disposiciones de las rutas de escape que todavía se puedan utilizar y de las más apropiadas para dirigir al personal a la zona de botes salvavidas al igual que su distribución en función del número de botes que tengamos.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Teoría del Fuego</b>	<b>Octubre 2008</b>

Concluimos por lo tanto que los sistemas de protección contra incendios marinos es una combinación tanto pasiva como activa que de forma combinada forma un sistema único. La mayoría de los fuegos normalmente se producen en volumen pequeño y son eliminados con el apropiado extintor portátil. Hacer este primer paso de forma errónea puede llegar a mayores y con lo cual a una situación desastrosa.

Las regulaciones SOLAS divide la seguridad contra el fuego en dos partes; Pasiva ( sistemas fijos de contra incendios, salidas de emergencias...) y activa ( sistemas de detección y extinción). A los tipos de barcos a los que se les aplica estas normativas son:

- a) Tipo pasajeros (de cualquier tamaño)
  - a) más de 36 pasajeros
  - b) hasta 36 pasajeros
- b) Barcos de carga (500 toneladas o más)
- c) Petroleros y cargueros combinados ( 500 toneladas o más)

El arqueado bruto y el peso muerto son factores importantes a la hora de la aplicación de las regulaciones y en la siguiente tabla aparecen los más destacados.



**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimiento de Diseño**



**E.U.I.T.N.**

**Teoría del Fuego**

**Octubre 2008**

**Fixed fire extinguishing systems**

Spaces and areas to be protected	Type of vessel	
	Cargo ships $\geq 500$ GT	Passenger ships
Machinery spaces with internal combustion machinery used for the main propulsion and machinery spaces containing oil-fired plants (boilers, incinerators etc.) or oil fuel units		for all ships
	CO <sub>2</sub> -, high-expansion foam or pressure water spraying system <sup>1, 2</sup>	
Machinery spaces containing internal combustion engines not used for propelling the ship	$\geq 375$ kW	$\geq 375$ kW
	CO <sub>2</sub> -, high-expansion foam or pressure water spraying system <sup>2</sup>	
Machinery spaces containing steam engines	$\geq 375$ kW	$\geq 375$ kW
	CO <sub>2</sub> -, high-expansion foam or pressure water spraying system <sup>2</sup>	
Fire hazard areas of category A machinery spaces above 500 m <sup>3</sup> in volume acc. to L.3.	Fixed local application fire fighting systems <sup>3</sup>	
Fuel oil purifiers in accordance with B.2.	Fixed local fire extinguishing arrangement: Low-expansion foam-, pressure water spraying- or dry powder system <sup>4</sup>	
Exhaust gas fired thermal oil heaters acc. to L.2.2	Pressure water spraying system	
Scavenge trunks of two-stroke engines acc. to Section 2, G.6.3	CO <sub>2</sub> system or other equivalent extinguishing system	
Paint lockers and flammable liquid lockers acc. to M.1.	CO <sub>2</sub> -, dry powder extinguishing or pressure water spraying system <sup>2</sup>	
Deep-fat cooking equipment acc. to M.3.	Automatic or manual fire extinguishing system	
Accommodation-, service spaces and control stations, incl. corridors and stairways		automatic sprinkler system; if less than 37 passengers, see C.2
Galley range exhaust ducts acc. to M.2.	CO <sub>2</sub> system or other equivalent extinguishing system	
Incinerator spaces and waste storage spaces	automatic sprinkler system or manually released fire extinguishing system, for details refer to N.	
Helicopter landing deck acc. to O.	Low-expansion foam system	





## Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimiento de Diseño



**E.U.I.T.N.**

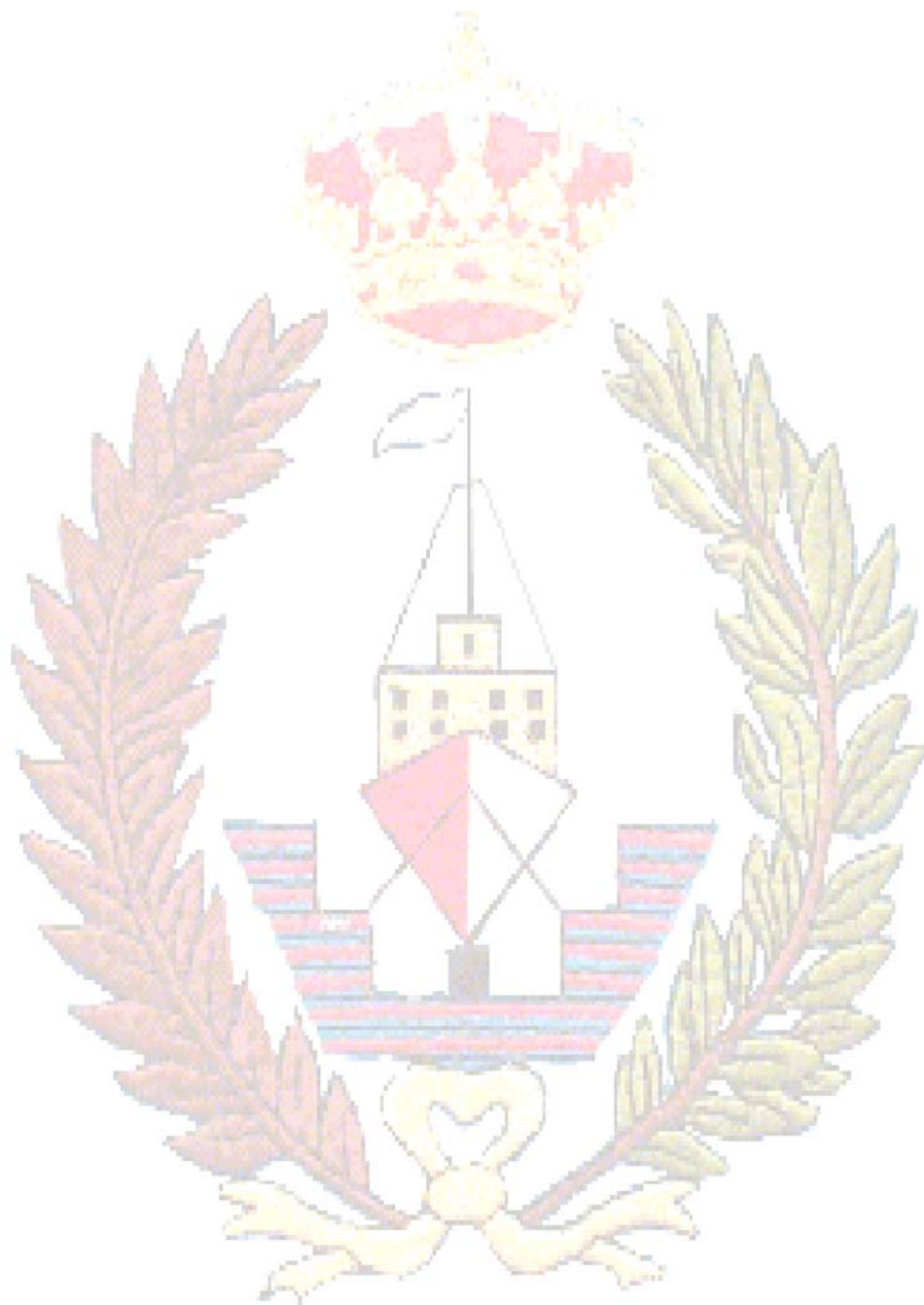
**Teoría del Fuego**

**Octubre 2008**



Cargo spaces	1. Special category spaces <sup>4</sup> on passenger ships	—	Pressure water spraying system
	2. For motor vehicles with fuel in their tanks	for all ships CO <sub>2</sub> - or high-expansion foam system	
	3. For dangerous goods	for all ships CO <sub>2</sub> fire extinguishing system <sup>5, 6</sup>	
	4. On ro/ro-ships		
	a) closed	CO <sub>2</sub> -, inert gas-, high-expansion foam- or pressure water spraying system	
b) open	Pressure water spraying system		
c) not capable of being sealed	Pressure water spraying system		
5. Cargo spaces not included in 1 - 4	≥ 2000 GT <sup>6</sup> CO <sub>2</sub> - or inert gas system	≥ 1000 GT CO <sub>2</sub> -, inert gas- or high-expansion foam system	

### Fixed fire extinguishing systems



Spaces and areas to be protected	Type of vessel	
	Cargo ships ≥ 500 GT	Passenger ships
Cargo area and cargo tanks	Tankers acc. to D.1.4: Low-expansion foam system and inert gas system  Chemical tankers acc. to Chapter 7, Section 11: Low-expansion foam, dry powder, pressure water spraying and inert gas system  Ships for the carriage of liquefied gases acc. to Chapter 6, Section 11: Pressure water spraying, dry powder and inert gas system	—
Cargo pump spaces	Tankers and chemical tankers: CO <sub>2</sub> -, high-expansion foam or pressure water spraying system <sup>2</sup>	—
Cargo pump and compressor rooms	Ships for the carriage of liquefied gases: CO <sub>2</sub> - or inert gas system <sup>2</sup>	—
<sup>1</sup> Also applies to < 500 GT in the case of ships with class notation AUT. <sup>2</sup> Approved systems using gases other than CO <sub>2</sub> may be applied. Re. I. <sup>3</sup> Applies to passenger ships of 500 GT and above and cargo ships of 2000 GT and above. <sup>4</sup> Special category spaces are closed vehicle decks on passenger ships to which the passengers have access. <sup>5</sup> Pressure water spraying system in Ro/Ro spaces not capable of being sealed and in special category spaces. <sup>6</sup> May be dispensed with on request where only coal, ore, grain, unseasoned timber, non-combustible cargoes or cargoes representing a low fire risk are carried. Reference is made to MSC/Circ.1146.		



## Capítulo 2 TIPOS DE FUEGO Y AGENTES EXTINTORES

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 2</b>	<b>Octubre 2008</b>

<b>Capítulo 2 TIPOS DE FUEGO Y AGENTES EXTINTORES</b> .....	34
<b>1. Definiciones y designaciones de las Clases de Fuego</b> .....	34
1.1 Incendios de Clase A.....	34
1.2 Incendios de Clase B.....	35
1.3 Incendios de Clase C.....	35
1.4 Incendios de Clase D.....	35
1.5 Incendios de Clase E.....	36
<b>2. Agentes Extintores</b> .....	36
2.1 Agua.....	36
2.1.1 El Agua.....	36
2.1.2 Agua Nebulizada.....	38
2.2 Dióxido de Carbono.....	40
2.3 Halon.....	42
2.4 Espuma (Foam).....	47
2.4.1 Espuma con Proteínas.....	48
2.4.2 Espuma con Fluoproteínas.....	49
2.4.3 Espuma con Formación de Películas de Fluoproteínas.....	49
2.4.4 Espuma con Detergente Sintético.....	49
2.4.5 Espuma Resistente al Alcohol.....	50
2.4.6 Espuma con Formación de Película Acuosa.....	50

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

## Capítulo 2

# TIPOS DE FUEGO Y AGENTES EXTINTORES

## 1. DEFINICIONES Y DESIGNACIONES DE LAS CLASES DE FUEGO

El British Standards Institution da las siguientes designaciones con el propósito de clasificar los fuegos de diferente naturaleza dividiéndolos en clase A, B, C y D.

La clasificación de un incendio es importante a la hora de tratar su extinción. Cada clase de incendio tiene sus propias necesidades de extinción. Las cuatro clases de incendio se comentarán a continuación, junto con los métodos de extinción normal y los problemas. Estas clases se utilizarán a lo largo de todo el proyecto cuando los diferentes métodos de extinción se expliquen detalladamente.



### 1.1 Incendios de Clase A

En los incendios de clase A intervienen materiales combustibles normales como la madera, la ropa, el papel, la goma y gran número de plásticos. El agua se utiliza para enfriar o apagar los materiales que arden por debajo de su temperatura de ignición. La adición de espumas de clase A (a veces denominadas agua húmeda) puede potenciar la capacidad del agua para extinguir los incendios de clase A, especialmente aquellos que tienen muchos materiales de embalaje. Esto se debe a que el agente de espuma de la clase A reduce la tensión de la superficie del agua, permitiendo que penetre más fácilmente en las pilas del material. Los incendios de clase A son difíciles de extinguir mediante los métodos de exclusión de oxígeno como la inundación de CO<sub>2</sub> o capas de espuma, ya que dichos métodos no proporciona el efecto de enfriamiento necesario para la extinción total.

Son esencialmente los que forman parte de los recubrimientos y decoraciones del buque. Algunos, frecuentemente están ocultos, como son los plásticos que conducen la corriente eléctrica, como sucede con la habitabilidad del cableado que va desde las mamparas y los recubrimientos de madera. Las fibras textiles del habitáculo, las vemos en muchos lugares, como por ejemplo en las cortinas de los portillos. Los materiales de clase A son, así mismo, frecuentes y abundantes en los espacios de máquinas, así tenemos

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

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

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 1.2 Incendios de Clase B

Los incendios de clase B implican líquidos y gases inflamables y combustibles como la gasolina, el aceite, la laca, la pintura, los alcoholes minerales y el alcohol. El efecto de sofocación o tapamiento de la exclusión del Oxígeno es el más efectivo para la extinción y también ayuda a reducir la producción de vapores adicionales. Los otros métodos de extinción incluyen la supresión del combustible, la reducción de la temperatura cuando sea posible y la interrupción de la reacción en cadena con agentes químicos secos como Purple K. En la habilitación casi ni existen, a excepción de las cocinas, donde suelen encontrarse aceites comestibles, que pueden representar un foco de fuego por recalentamiento de los mismos, mientras se está cocinando. En los espacios de máquinas son muy frecuentes puesto que principalmente es el lugar donde se localizan mayormente todo este tipo de materiales. Estos son también muy frecuentes en pañoles donde suele haber pinturas, barnices, petróleo, gasolina, aceites...

## 1.3 Incendios de Clase C



Los producidos por sustancias que arden en estado gaseoso y a presión (Metano, Propano, Hidrógeno, Butano...). Los gases son los materiales más fácilmente inflamables, pero las cantidades que llevan a bordo para uso cotidiano son realmente pocas. Aunque no todos, deben manejarse con cuidado evitando golpes y además se evitarán los focos de elevada temperatura que podrían hacerlo explotar de forma muy violenta. Casi van estibados en zonas de cubierta, donde la ventilación es muy buena, y llevan medidas de seguridad para evitar sobre presiones, de forma que salgan los gases de manera suave y segura.

Los incendios que implican equipos eléctricos activados constituyen los incendios de clase C. Estos incendios pueden controlarse a veces mediante un agente extintor no conductor como el Halón, un agente químico seco o el Dióxido de Carbono. El procedimiento de extinción más rápido es quitar la energía de los circuitos de alto voltaje y, posteriormente, combatir el incendio de forma apropiada según el combustible implicado.

## 1.4 Incendios de Clase D

Los incendios de clase D implican metales combustibles como el Aluminio, Magnesio, Titanio, Circonio, Sodio y Potasio. Estos materiales son especialmente peligrosos cuando se encuentran en polvo. Las concentraciones adecuadas en el aire de polvos de metales pueden causar potentes explosiones, si existe una fuente de ignición adecuada. La temperatura extremadamente alta de algunos metales cuando arden hace que el agua y otros agentes extintores habituales sean ineficaces. No existe ningún agente que pueda controlar solo los incendios de todos los metales combustibles de modo eficaz. Existen agentes extintores especiales para controlar el incendio de cada uno de los metales. Están específicamente indicados para el incendio del metal que pueden extinguir. Estos agentes se utilizan para cubrir el material que arde. La precaución es esencial en los incendios con materiales de clase D. La información referente a un material y sus características debe revisarse antes de intentar extinguir un incendio.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

En la norma NM-S699EMA "Símbolos de identificación para el empleo de extintores", de obligado cumplimiento en la Marina, incluye la misma clasificación antes mencionada pero incluye una categoría más , repitiendo los de la clase A, B, C y D pero sumando a esta lista los de la clase E. Lo definimos como;

## 1.5 Incendios de Clase E

Los producidos por equipos e instalaciones eléctricas (motores, generadores, transformadores, etc.) o incendios clase A, B, C y D en presencia de equipos eléctricos con tensión.

## 2. AGENTES EXTINTORES

Las sustancias más utilizadas para la extinción de fuegos abordo son **a) Agua, b) Dióxido de Carbono, c) Halógenos, d) Espumas.**

No se permitirá el uso de un agente extintor que, a juicio de la Administración, desprenda, por si mismo o en las condiciones previstas de utilización, gases, líquidos u otras sustancias de naturaleza tóxica en cantidades tales que puedan poner en peligro a las personas.

Debido a la amplia gama y tipos de material transportado en los buques hay que hacer una elección adecuada del tipo de agente extintor a utilizar en cada caso. Algunos agentes extintores son más eficientes que otros, algunos son conductores eléctricos, otros tóxicos y otros pueden incluso hacer más daño que el propio fuego. Algunos pueden que no extinga el fuego e incluso empeorar la situación, por ejemplo cuando un chorro grande de agua es aplicada a una superficie donde tenemos aceite ardiendo, la propia agua puede hacer que el aceite ardiendo sea salpicado a otras zonas aumentando el volumen del mismo.



### 2.1 Agua

Dentro del Agua como agente extintor aparecen dos subgrupos, el Agua como tal y el Agua Nebulizada. Empezaremos hablando del Agua y en la segunda parte de este apartado hablaremos del Agua nebulizada.

#### 2.1.1 El Agua

Es un agente que tiene la propiedad de **enfriar** y la capacidad de **absorber calor** de forma destacada del resto de los agentes extintores. Con la cantidad de calor extra del fuego llega a transformar al agua en vapor y por lo tanto produce un efecto apagador del mismo. Para fuegos de la clase A hay que aplicar Agua en forma de chorro directo sólido y así envolvemos el material como es el caso de la madera, papel... consiguiendo una penetración directa en la base del fuego.

Utilizaremos Agua en forma de gotas finas y esparcidas para aquellos fuegos en los que haya

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

líquidos ardiendo y así absorbemos calor de las llamas sin disturbar la superficie del líquido. Cortinas de Agua en partículas son utilizadas para proteger la zona frontal de la superestructura de cara a los tanques de carga en caso de incendio. También este tipo de chorro de Agua sirve para proteger a los bomberos del fuego.

La eficacia de un agente extintor como medio de enfriamiento depende de su valor específico y latente, así como de su punto de ebullición. La superioridad de las propiedades extintoras del agua puede atribuirse a los valores relativamente altos de su calor específico y calor latente y a su disponibilidad. Sin embargo, el Agua es bastante pesada y si no se dispone de red de tuberías es difícil de trasladar. Absorbe los rayos infrarrojos radiados por el fuego y produce su efecto apartando el calor de las superficies sólidas que están ardiendo mediante una secuencia de acciones de conducción, evaporación y convección. Este efecto puede resumirse del siguiente modo:

a) Un litro de Agua por minuto puede absorber 650 Kcal/min. si se aplica a 15°C y llega totalmente evaporada y sobrecalentada a 250°C.

b) El Agua al evaporarse se expande a una razón aproximada de 2500 reduciéndose el contenido de Oxígeno en espacios cerrados.

c) Incidentalmente, puede inducir aire, dependiendo del tipo de chorro que se elija. Con un chorro difuso en ángulo de 30°C y una presión de lanza de 7 Kg/cm se inducen unos 850 litros por minuto de aire en la corriente de Agua. Esta ventilación puede ser beneficiosa o perjudicial, según el modo de aplicación.

d) En un compartimento cerrado interior en el que hay combustibles ordinarios, extinguirá el fuego a razón de 0.75 metros cúbicos por litro por minuto.

e) Sus efectos pueden mejorarse con la adición de agentes activos que favorezcan la acción de penetración y empapamiento de agentes espesantes para retardar el goteo y aumentar la penetración como es el caso de fosfatos amoniacos, carbonatos alcalinos o boratos alcalinos, y de concentrados de espuma para formar una película protectora espumante sobre los sólidos y la mayor parte de los líquidos.



Todo sistema fijo de extinción de incendios por aspersion de Agua a presión prescrito para los espacios de máquinas estará provisto de boquillas aspersores de un tipo aprobado.

Pero no todo son ventajas, a continuación nombraremos las desventajas de este agente extintor:

a) Es conductora de la electricidad

b) Puede provocar grandes daños a la mercancía y a la maquinaria.

c) Puede producir considerable pérdida de estabilidad si se utiliza en grandes cantidades.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 2.1.2 Agua Nebulizada

Hoy por hoy la extinción de incendios por Agua nebulizada, es un sistema innovador que incorpora la tradición del Agua como agente extintor, pero que además supera todos sus inconvenientes como la inundación y la conductividad eléctrica.

El paso más reciente en el recorrido evolutivo de la aplicación del Agua como agente extintor es lo que conocemos como "Agua Nebulizada", "Micronizada" o "Micropulverizada", cuyas características están recogidas en la Norma NFPA 750, que la define de forma general como la que tiene un tamaño de gota inferior a 1000 micras.

El Agua Nebulizada (watermist) es un sistema poco extendido que, aún pareciendo contradictorio, es muy eficaz en instalaciones con equipos electrónicos. No perjudica el medioambiente, no conduce la electricidad y es inocuo para los equipos y para las personas.

Las posibilidades de aplicación del Agua Nebulizada en el control o la extinción de incendios, son muy amplias, pudiendo recomendar su uso prácticamente en todos los riesgos posibles:

Buques

Espacios de maquinarias

Salas de proceso de datos

Centros de telecomunicaciones

Escaleras mecánicas

Salas de cables

Cocinas industriales...

Si bien el diseño y cálculo del sistema lleva consigo el estudio pormenorizado del riesgo y de todas sus variables: tipo de riesgo, carga de fuego, compartimentación, ventilación, situación del combustible, aplicación total, aplicación local...etc.



El resultado del estudio determinará; tipos y ubicación de los difusores, caudal de cada cabeza, caudal total, reserva de agua, etc.

La variedad de riesgos a proteger y las distintas clases de fuego, demandan diferentes configuraciones de difusores, que garanticen soluciones a las exigencias de cada instalación.

El Agua Nebulizada es un sistema de control del fuego y consiste en optimizar sus propiedades, dividiéndola en microgotas y proporcionando la energía suficiente para que penetren en el fuego, potenciando su capacidad de extinción.

Surge en 1996 cuando la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA) publica la Norma de los Sistemas de Agua Nebulizada NFPA 750.

Según esta norma se rige la industria y tecnología del Agua Nebulizada y los diseños e instalaciones deben hacerse de acuerdo con ella, teniendo en cuenta las directrices y diseños de los fabricantes, la aprobación de las compañías aseguradoras, las autoridades competentes

	<p align="center"><b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b></p>	
<p><b>E.U.I.T.N.</b></p>	<p align="center"><b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b></p>	<p align="right"><b>Octubre 2008</b></p>

y otras especiales como las de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Este sistema se basa en la expulsión de agua atomizada (gotas de 60 a 200 micras) a mucha presión de manera que no se vaporizan por el calor del fuego. La extinción se produce por 3 acciones diferentes:



- 1) **Enfriamiento** por absorción del calor, al vaporizarse el agua.
- 2) Atenuación de la **transmisión de calor**, por radiación.
- 3) Desplazamiento del oxígeno en el foco del fuego, por efecto de **evaporación**.

Los sistemas de Agua Nebulizada se utilizan para uno o varios de los siguientes fines:

- Extinguir el incendio por sofocación, enfriamiento, disolución o emulsión.
- Controlar el incendio.
- Proteger contra el calor radiante.
- Prevenir incendios.

El uso de Agua Nebulizada permite, para una misma cantidad de agua, incrementar la superficie de vaporización respecto a otros sistemas basados en agua, mejorando la eficiencia. Esto se traduce en una reducción del agua necesaria para la extinción, disminuyendo el espacio de almacenamiento y los desperfectos ocasionados por el agua en el riesgo a proteger.

Este tipo de sistema **no es tóxico** y la habitabilidad en el recinto es posible durante la extinción sin problemas de asfixia, por lo que este sistema es apto para áreas ocupadas siempre que se utilice agua potable o agua de mar. Utilizan poca cantidad de agua por lo tanto los daños ocasionados por ésta son muy inferiores a los que ocasionarían los sistemas de agua pulverizada tradicionales. Tiene pocas limitaciones, una de ellas es la presencia de elementos que se combinen con el agua produciendo reacciones peligrosas (metales reactivos, haluros, sulfuros, etc.). En estos casos el sistema no es adecuado. No necesita estanqueidad al 100% del recinto. Otra ventaja a tener en cuenta es la facilidad de recarga y de mantenimiento.

	<p align="center"><b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b></p>	
<p align="center"><b>E.U.I.T.N.</b></p>	<p align="center"><b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b></p>	<p align="center"><b>Octubre 2008</b></p>

## 2.2 Dióxido de Carbono

Durante muchos años el Dióxido de Carbono ha sido utilizado de forma exitosa en espacios de maquinarias y en casi todo tipo de materiales de riesgo en los barcos. El fuego es reducido introduciendo el Oxígeno contenido en la atmosfera a un porcentaje del 21% y cambiándolo a un **nivel** el cual es **insuficiente mantener la combustión**. El porcentaje a conseguir para la mayoría de los casos ronda entre el 12 y el 16 por ciento, pero en el caso de materiales combustibles sólidos este porcentaje habría que reducirlo al 5% para asegurar su eficacia.

No es apto para zonas ocupadas, porque la concentración de Oxígeno disminuye hasta un nivel en el que la vida no es sostenible, razón por la que, al mismo tiempo, es un agente extintor muy efectivo.

El potencial de destrucción del ozono es cero pero tiene una pequeña contribución al calentamiento global.

Hay muchos campos en los que se prefiere utilizar el CO<sub>2</sub> en lugar de otros agentes, por ejemplo: en cisternas, en lugares donde hay trasvase de carburante, salas de bombas y motores. Muy aplicado en las salas de máquinas.

El Dióxido de Carbono sigue siendo el gas contra incendios más utilizado hasta el momento, es un gas muy eficaz en salas de máquinas y en cuartos de bombas (fuegos clase B) y en zonas de almacenamiento de cargas secas (fuegos clase A).

La cantidad de Dióxido de Carbono requerido para la protección de una sala de máquinas o para un cuarto de bombas es la suficiente para dar una mínima concentración de gas libre igual a la cantidad de:

-40 % del volumen total del espacio más grande, el volumen a excluir es el correspondiente a la parte por encima del nivel en el cual la zona horizontal es del 40 % o menor al área horizontal del espacio tomando como referencia el punto medio entre la parte superior del tanque y la parte más baja de la caja; o



-35% del volumen total del espacio de maquinas más grande protegido, incluyendo la caja.

En el caso, que por un fuego, el volumen de aire limpio en algún recibidor de aire se introdujera en el espacio protegido, entonces una cantidad extra de CO<sub>2</sub> podría ser necesario.

Respecto a los porcentajes mencionados con anterioridad puede que se reduzcan al 35 % y al 30 % respectivamente en el caso de buques de carga de menos de 2000 toneladas brutas. Un 85 % del gas requerido debería de ser capaz de ser descargado en la zona de maquinas en un tiempo de 2 minutos.

La zona de carga de un buque de 2000 toneladas brutas y cargas superiores deberían estar protegidas por un sistema de Dióxido de Carbono con suficiente cantidad de medios para dar un volumen mínimo de gas libre igual al 30 % del volumen total del espacio más grande.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

Buques de carga que transporten Mena, Carbón, grano, madera sin sazonar, carga no combustible, o cargas que poseen un bajo nivel de probabilidad de arder posiblemente estén exentos de la necesidad de disponer de un sistema de CO<sub>2</sub> teniendo que proveer al buque de unas cubre-escotillas de acero y eliminando cualquier sistema de ventilación o cualquier tipo de apertura que esté conectada a la zona de carga. La madera sin sazonar se define como la madera a la cual no se le ha reducido de forma significativa la humedad, mediante ningún sistema natural o artificial, por debajo del nivel que poseía una vez que fue talado.

Si es utilizado como medio de extinción en zonas de carga cerrada en los buques tipo Ro/Ro la cantidad de gas disponible debería ser suficiente para dar un volumen mínimo de gas igual al 45 por ciento del volumen total que corresponde al espacio más grande y disponerlo de forma que al menos 2/3 del gas requerido pueda ser introducido en el espacio en no más de 10 minutos.



El volumen de gas debe ser calculado a 0.56 m<sup>3</sup>/Kg.

***Las ventajas del Dióxido de Carbono son:***

- a) No es corrosivo
- b) No es conductor de la electricidad
- c) No deja residuos
- d) No pierde propiedades con los años
- e) Es siempre de disponibilidad inmediata

***Respecto a las desventajas:***

- a) Es altamente asfixiante y ligeramente tóxico, con una concentración de aproximadamente el 9% puede producir la inconsciencia en solo pocos minutos.
- b) Tiene un efecto de enfriamiento pequeño y por esto un peligro de re-ignición en el caso de que tengamos aporte de aire nuevo demasiado rápido en la zona quemada.
- c) En el momento de la descarga, aparecen partículas de Dióxido de Carbono en forma solida que puede generar una electricidad estática suficiente como para que salte una chispa y provoque una ignición de la atmósfera que sea inflamable como puede ocurrir en algunos barcos. Por esta razón el Dióxido de Carbono no es adecuado en zonas en las que tengamos tanques de aceite y sala de bombas.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.3 Halón

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

Extensas investigaciones han demostrado que hay algunos Halones que cuando se liberan en un espacio protegido logran una extinción rápida y por lo tanto una contaminación tóxica muy pequeña.

Los Halones son Hidrocarburos Halogenados (Bromofluorocarbonados) que tienen la capacidad de extinguir el fuego mediante la captura de los radicales libres que se generan en la combustión. Hasta que se determinó que producían daños a la capa de ozono, fueron los productos extintores más eficaces para combatir el fuego, ya que, sumado a su alto poder de extinción, fácil proyección y pequeño volumen de almacenamiento, presentan una toxicidad muy baja, buena visibilidad y no provocan daños sobre los equipos electrónicos y eléctricos sobre los cuales se descargan, a no dejar residuo.

El Halón 1301 (Trifluorbromometano) y el Halón 1211 (Difluorbromoclorometano) eran aceptables para el uso en buques según las sociedades de clasificación. Estos líquidos eliminan el fuego interrumpiendo la composición química normal del combustible y son particularmente eficientes en aquellos fuegos en los que la energía principal de combustión está en las llamas.



Como hemos mencionado con anterioridad el Halón ha sido destituido por ser tóxico y atacar a la capa de ozono. A continuación vamos a hablar sobre su efecto en la capa de ozono, cuales son los usos críticos que podemos hacer del mismo y hablaremos de los gases que pueden sustituirlo.

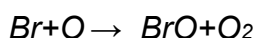
***Destrucción de la capa de ozono*** *El ozono es un gas natural que cubre la atmósfera de la tierra con una capa fina. Dicha capa es de gran importancia para la defensa de la vida ya que actúa como filtro de los rayos solares. A partir de 1984 se detectó, principalmente sobre la Antártida, una importante reducción de la concentración de ozono y la consecuente pérdida de espesor de la capa de ozono. Posteriormente se ha observado el aumento de la magnitud de su destrucción y una situación similar, aunque menos pronunciada, sobre el Ártico.*

*Este fenómeno se produce, principalmente, por el efecto destructivo que tienen los CFC (compuestos clorofluorocarbonados) y los Halones sobre las moléculas de ozono a nivel estratosférico. Son complejas y múltiples las reacciones químicas que describen este fenómeno; todas ellas configuran el llamado "ciclo de destrucción catalítica del ozono". Se sabe que un punto fundamental está representado por la liberación de átomos de Cloro (Cl) o de Bromo (Br) de los CFC y de los Halones respectivamente por acción de la radiación ultravioleta.*

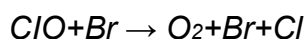


*Estos átomos de Cloro y/o Bromo reaccionan repetida y eficazmente con las moléculas de ozono destruyéndolas.*

	<p align="center"><b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b></p>	
<p><b>E.U.I.T.N.</b></p>	<p align="center"><b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b></p>	<p align="right"><b>Octubre 2008</b></p>



*Los átomos de Cloro y Bromo oxidados se reciclan y vuelven a reaccionar con ozono.*



*Los Halones, con una estructura semejante a la de los CFC, pero que contienen átomos de Bromo en vez de Cloro, son aún más dañinos, como se desprende de los valores de potencial de agotamiento del ozono (ODP): el Halón 1211 tiene un ODP de 3 y el 1301 un ODP de 10, frente a un ODP de 1 de los CFC.*

*Usos críticos en los que se admite el uso de Halones*

*Halón 1301:*

*En aviones, para proteger las cabinas de la tripulación, las góndolas de motor, las bodegas de carga, las bodegas de carga seca y la inertización de los depósitos de combustible.*

*Zonas ocupadas por el personal y compartimentos de motores de vehículos militares terrestres y buques de guerra.*

*Para inertizar zonas ocupadas donde puede haber fugas de líquidos y/o gases inflamables en el sector militar, el del petróleo, el del gas, el petroquímico y en buques de carga existentes.*

*Para inertizar puestos tripulados de control y de comunicación de las fuerzas armadas o de otros modos esenciales para la seguridad nacional existentes.*

*Para inertizar zonas con riesgo de dispersión de material radioactivo.*

*En el túnel del Canal y sus instalaciones y material circulante.*

*Halón 1211:*

*Zonas ocupadas por el personal y compartimentos de motores de vehículos militares de tierra y buques de guerra.*



*En extintores portátiles y en aparatos extintores fijos para motores a bordo de aviones.*

*En aviones, para proteger las cabinas de la tripulación, las góndolas de motor, las bodegas de carga y las bodegas de carga seca.*

*En extintores básicos para la seguridad del personal, para la extinción inicial realizada por el cuerpo de bomberos.*

*En extintores militares y de fuerzas de policía para su uso sobre personas.*

*Gases sustitutos de los Halones, técnicas alternativas* *En este campo, de permanente investigación, se persigue el objetivo de disponer de un conjunto de sustitutos químicos, mezclas de gases inertes o técnicas alternativas de los Halones que eviten dañar o inutilizar los*

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

*equipos, tengan iguales propiedades de extinción y sean inocuos para las personas si se tiene que usar en áreas ocupadas, pero también que no sean dañinos para el medioambiente. En la actualidad, y en líneas generales, podemos agrupar los diferentes sustitutos de los Halones en:*

*Agentes extintores gaseosos sustitutivos de los Halones. También se denominan agentes limpios porque no dejan rastro después de utilizarlos y no son conductores de la electricidad. Podemos distinguir dos clases:*

**Los agentes inertes:** *Suelen ser mezcla de gases constitutivos del aire tales como Nitrógeno, Argón y/o Dióxido de Carbono. Lo que se pretende conseguir con esta clase de gases, al utilizarlos como agentes extintores, es disminuir la concentración del Oxígeno del aire del lugar donde se ha producido el fuego a una proporción inferior al 12% con objeto de extinguir el mismo por sofocación.*

**Los Agentes Halogenados:** *Este tipo de gases al entrar en contacto con el fuego se descomponen en radicales e iones, los cuales reaccionan con los procedentes del combustible. Esas reacciones químicas son endotérmicas, de forma que evitan que se produzca la reacción en cadena. Por consiguiente, extinguen el fuego por inhibición.*



*Técnicas alternativas: Aparte de las alternativas gaseosas para los Halones, nuevos sistemas tales como las tecnologías de nebulización de agua y aerosoles en polvo se desarrollan como alternativas de los equipos de lucha contra incendios que contienen Halones.*

*Sistemas tradicionales. Antes del advenimiento de los Halones y conjuntamente con su empleo, se utilizaban polvos químicos, CO<sub>2</sub>, rociadores (sprinklers) y espumas. Estos productos y sistemas siguen siendo válidos para la protección contra incendios y en la actualidad son un adecuado reemplazo.*

*Es tarea del experto y en cada caso particular, encontrar el sistema más adecuado a través del estudio de los materiales a proteger, el volumen del recinto, la disponibilidad del lugar de almacenamiento del producto extintor, las características del buque...*

*Para la evaluación de los gases extintores propuestos como sustitutos de los Halones se han desarrollado numerosos programas en los que se estudia tanto su poder de extinción como su efecto sobre las personas, las cosas y el medioambiente. La agencia de estado americana para la protección ambiental (EPA) ha desarrollado el programa SNAP (Significant New Alternatives Policy) para evaluar los agentes extintores que los diferentes productores han propuesto en sustitución de las sustancias contempladas en el Protocolo de Montreal y establecer cuáles se pueden considerar aceptables. El programa SNAP se ha concentrado en los aspectos relativos a la toxicidad, la eficacia extintora, las propiedades químicas-física, la vida atmosférica y el potencial incremento del efecto invernadero.*

*En las siguientes **tablas** se muestran los agentes extintores aceptados como sustitutos de los Halones bajo el programa SNAP de la EPA para sistemas de inundación total y extintores portátiles respectivamente y clasificados en ambos casos según las categorías mencionadas anteriormente.*

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

La Norma 2001 de la NFPA (National Fire Protection Association) trata los agentes sustitutos para los sistemas de inundación total que son aceptados según los parámetros utilizados por la EPA. En particular, define los criterios de proyección, uso y mantenimiento de las instalaciones que utilizan los nuevos agentes extintores limpios.

Agentes extintores para extintores portátiles bajo el programa SNAP de la EPA

	AGENTE	FÓRMULA	NOMBRE	NOMBRES COMERCIALES	
GASES HALOGENADOS	HCFC-mezcla B	HCFC-123		Halotron I	
		+ 2 comp.			
	HCFC-123	$\text{CHCl}_2\text{CF}_3$	Diclorotrifluoretano	FE-232	
	FC-5-1-14	$\text{C}_6\text{F}_{14}$	Perfluorhexano	CEA-614	
	HCFC-mezcla C	55% HCFC-123			NAF P-III
		31% HFC-124			
		10% HFC-134a			
		4% D-limoneno			
	HCFC-mezcla D	HCFC-123			Blitz III
		+ 1 aditivo			
	HCFC-mezcla E	90% HCFC-123			NAF P-IV
		8% HFC-125			
		2% D-limoneno			
	HCFC-124	$\text{CHClFCF}_3$	Clorotetrafluoroetano	FE-241	
FIC-1311	$\text{CF}_3\text{I}$	Trifluoriodometano	Triodide		
HFC-227ea	$\text{CF}_3\text{CHFCF}_3$	Heptafluoropropano	FM-200, FE-227		
HFC-236fa	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{CF}_3$	Hexafluoropropano	FE-36		
C6-fluorocetona	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	Dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona	Novec 1230		



## Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño



**E.U.I.T.N.**

**Tipos de Fuego y Agentes Extintores**



**Octubre 2008**

<b>TÉCNICAS ALTERNATIVAS</b>	H Galden HFPEs	Hidrofluoropoliéteres		
	Halocarbono en gel/suspensión química en seco			Envirogel
	Agua nebulizada	H <sub>2</sub> O		Hi-Fog, Fire-Scope2000
	Surfactante mezcla A			Cold Fire
	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>		

Agentes extintores para sistemas de inundación total aceptados bajo el programa SNAP de la EPA

	AGENTE	FÓRMULA	NOMBRE	NOMBRES COMERCIALES	
<b>GASES INERTES</b>	IG-01	Ar	Argón	Argotec, Argonfire	
	IG-55	50% N <sub>2</sub>	Nitrógeno	Argonite	
		50% Ar	Argón		
	IG-100	N <sub>2</sub>	Nitrógeno	NN100	
	IG-541	52% N <sub>2</sub>	Nitrógeno	Inergen	
		40% Ar	Argón		
8% CO <sub>2</sub>		Dióxido de carbono			
<b>GASES HALOGENADOS</b>	HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	Heptafluoropropano	FM-200, FE-227	
	HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Pentafluoroetano	FE-25	
	HFC-23	CHF <sub>3</sub>	Trifluorometano	FE-13	
	HCFC-124	CHClFCF <sub>3</sub>	Clorotetrafluoroetano	FE-241	
	HCFC-mezcla A	4,75% HCFC-123			NAF S-III
		82% HCFC-22			
		9,5% HCFC-124			
		3,75% Isopropenyl-1-metilci-clohexano			
	HFC-134a	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	Tetrafluoroetano		
	HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	Clorodifluorometano		
	HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	Hexafluoropropano	FE-36	
	FC-2-1-8	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	Perfluoropropano	CEA-308	
	FC-3-1-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	Perfluorobutano	CEA-410	
	FIC-1311	CF <sub>3</sub> I	Trifluoriodometano	Triodide	
	FS 49 C2	HFC-134a + 2 comp.	Dodecafluoro-2-metilpentan-3-ona	Halotron II	
C6-fluorocetona	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O)CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		Novac 1230		
H FC227-BC	HFC-227ea				
	NaHCO <sub>3</sub>				



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

<b>TÉCNICAS ALTERNATIVAS</b>	Envirogel con polifosfato de amonio como aditivo			
	Envirogel con algún aditivo diferente a polifosfato de amonio			
	Agua nebulizada	H <sub>2</sub> O		
	Mezcla de aerosol en polvo y gas			FS 0140
	Aerosol en polvo A			SFE
	Aerosol en polvo C			PyroGen, Soyuz
	Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>		

**Las ventajas del Halón:**

- a) Consigue de una forma increíblemente rápida extinguir el fuego.
- b) No deja agentes residuales
- c) Los contenedores de Halon 1301 pueden estar localizados tanto fuera como dentro de lugares protegidos.
- d) Tanto el Halon 1301 como el Halon 1211 son ligeramente tóxicos pero dejan de serlo después de algunos minutos.



**Las desventajas del Halón:**

- a) **Destruye la Capa de Ozono.**
- b) No son muy eficientes cuando nos encontramos con materiales sólidos en los que el fuego se ha crecido rápidamente y de forma espesa.
- c) Tiene poco efecto de refrigeración
- d) Son inadecuados contra combustible químicos que contienen Oxígeno y metales reactivos.
- e) El líquido es muy caro en comparación con el CO<sub>2</sub>.

**2.4 Espuma (Foam)**

La Espuma es el agente extintor más **adecuado** para extinción de fuegos en los que se ve envuelto **líquidos inflamables**. Con este sistema de extinción lo que hacemos es formar una película de espuma sobre la superficie del líquido evitando la evaporación del combustible. Una vez sofocado el fuego hay que dejar que permanezca la manta de Espuma para que la zona se enfríe por debajo de la temperatura de ignición del líquido.

Hay dos tipos específicos de Espuma, los que tienen una Base Detergente Proteínica y la que

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

es Sintética. Sea cual sea el tipo de Espuma que utilicemos ambos hay que mezclarlos con agua en alguna proporción, normalmente una concentración del 3% o del 6%. Es más, la solución resultante tiene que pasar a través de un inductor, compuesto de una boquilla especial o aplicador que provocará unas turbulencias en las que el propio aire producirá las pompas. **Toda la Espuma utilizada en el mundo naval ha de ser compatible con el agua salada.** La acción extintora de las Espumas tiene esencialmente un triple efecto:

Absorber el calor del combustible.

Separar el combustible y el comburente.

Evitar el desprendimiento de vapores inflamables del combustible.

### ***¿Cuáles son las principales características que ha de tener la Espuma?***

- Baja viscosidad, permitiendo un buen flujo sobre las superficies del combustible.
- Coherencia entre sus burbujas.
- Buena adherencia a la superficie.
- Resistencia a los componentes químicos de los combustibles.
- Resistencia al calor, no descomponiéndose con el mismo.
- Buena estabilidad, dando protección prolongada para impedir el desprendimiento de vapores del combustible.



Respecto a la compatibilidad con los diferentes tipos de fuegos podemos decir que la Espuma sería eficaz en los de clase A y B , no sería eficaz en los fuegos de la clase C y sería contradictorio en el de la clase D.

A continuación vamos a citar algunos de los tipos más importantes de Espumas que podemos encontrar en el mercado actualmente.

#### **2.4.1 Espuma con Proteínas (Protein foam)**

Esta Espuma está elaborada con residuos de animales tales como sangre, pezuñas, cuernos...con estabilizadores añadidos. Tiene un color a crema y un olor no muy agradable. La concentración más usual es del 3% por un 97% de agua. Este tipo de Espuma es relativamente concentrada y espesa y tiene un drenaje lento; no tolera la mezcla de combustible y son resistentes al calor. Se usa para espumas de baja expansión, debido a que no todo el espumante combina bien con el aire, por lo tanto la capa de Espuma no es muy gruesa pero si cumple con la regla número 8 del SOLAS Cap. II-2 (siendo de 150 mm de espesor). Otra característica es la densidad, recubriendo la superficie del líquido combustible y evitando la emanación de vapores inflamables.

Se aplica con lanzas haciéndola chocar con mamparos o paredes para producir turbulencias y crearse la Espuma, precisamente por este motivo no se debe lanzar directamente sobre el fuego.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 2.4.2 Espuma con Fluoproteína (Fluoroprotein foam (FP))

En este caso hablamos de una Espuma compuesta de proteínas al que se le añade Fluocarbón Sintético. Este aditivo previene que el combustible se adhiera a las pompas de Espuma cuando estas son sumergidas en un líquido inflamable y además reduce la transferencia de aire a través de la manta de Espuma. Las Fluoproteínas son menos densas que las Proteínas; este tipo tolera la mezcla de combustibles y son buenas resistentes al calor. Se emplean en situaciones de grandes riesgos, especialmente para refinerías.

Se pueden usar en el centro del fuego, tienen gran resistencia al calor y a la contaminación de hidrocarburos.

Como ventajas tenemos que son más fluidas que las proteínicas, como se ha citado anteriormente, y su menor grado de contaminación.

Forman Espumas rígidas y son de fácil degradación.

### 2.4.3 Espuma con Formación de Películas de Fluoproteínas ( film forming fluoroprotein foam (FFFP))

Se produce la formación de una capa de Espuma con Proteínas. Al contener Proteínas mejor que detergentes sintéticos soporta una mayor cantidad de tipos de combustibles y posee más seguridad en comparación con los productos de base sintética. La formación de la capa y la actuación es tan eficiente y rápida como otros productos.



### 2.4.4 Espuma con Detergentes Sintéticos (synthetic detergent foam)

La composición y producción de este tipo de Espuma es muy similar a la de la composición que tiene el champú del pelo y los productos de lavado. Normalmente tienen un porcentaje del 5% de concentración frente a un 95% de Agua. Esta Espuma es menos densa y de mayor rapidez de drenaje que el del tipo proteínico; por contra no tolera la mezcla con combustibles.

El espumógeno más conocido es el AFFF ( Agucous Film Forming Foam ), forma una película acuosa entre la Espuma y el combustible, aislándolo del comburente. Las Espumas Fluorosintéticas AFFF, se usan en fuegos de gasolina y aceite, donde no existe mucho metal caliente, o en caso de aterrizajes de emergencia de aviones, donde se debe aplicar en pocos minutos.

Mientras otras Espumas solo son adecuadas para baja expansión, la Espuma Sintética es más flexible y tolera tanto Baja , Media y Alta Expansión, permitiendo una baja expansión con un radio de 12 a 1, una media expansión con un radio de 150 a 1 y una alta expansión con un radio de 1000 a 1.

La Espuma de baja Expansión debe ser aplicada con mangueras de mano. Se pueden proyectar hasta una distancia de hasta 100 metros, a mayor distancia mayor será la zona de dispersión de la misma.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

La Espuma de Alta expansión es muy poco densa y con lo cual se desase, se utilizará preferentemente en compartimentos cerrados. Este tipo de Espuma no se puede proyectar, con lo cual la forma de uso sería derramando de forma directa en el compartimento cerrado. Cuando se aplica al fuego parte de la Espuma se transforma en vapor produciendo una mezcla de vapor y aire, el Oxígeno contenido en la mezcla es demasiado bajo para soportar la combustión. La Espuma de Alta Expansión tiene buenas cualidades enfriadoras y además es un buen escudo contra las radiaciones de calor, evitando la propagación y expansión del fuego. Este tipo es muy eficiente contra fuegos que poseen líquidos de bajo punto de ignición y además no se disuelven en Agua. La Espuma de Alta Expansión es producida mediante la división en partículas de una Espuma acuosa que va a través de una fina malla de nylon, o una malla de Acero Inoxidable por la que circula aire impulsado por un ventilador de alta capacidad y así formar una gran cantidad de Espuma del orden de 300 m<sup>3</sup> a 15000 m<sup>3</sup> por minuto dependiente del tamaño del equipo.

#### **2.4.5 Espuma Resistente al Alcohol (Alcohol resistant foam)**

Todas las Espumas mencionadas anteriormente funcionan perfectamente cuando las utilizamos en fuegos en los que aparecen hidrocarburos, pero no son apropiadas para aquella clase de fuegos compuestos por algunos líquidos concretos como son algunos tipos de alcoholes (eje. Metileno, Etileno, Isopropeno...), Ketonos (eje. Éter...) los cuales absorben Agua de la Espuma y por lo tanto rompen con la pared de Espuma. Por esta razón son utilizados este tipo de Espumas. Estas son igual de efectivas para este tipo de fuegos como para el resto de los cuales aparecen hidrocarburos líquidos, hay que mencionar que su efecto no es tan inmediato ni tan efectivo que el del resto de las espumas con lo que por regla general hay que añadir una cantidad superior de la misma para que sea eficiente.



#### **2.4.6 Espuma con Formación de Película Acuosa (aqueous film forming foam (AFFF))**

En este caso hablamos de una Espuma formada por un detergente sintético al cual se le ha añadido un Sulfato de Fluorocarbono Sintético. El porcentaje en este tipo de Espuma será de entre un 3% a un 5% de concentrado por un 95% a un 97% por ciento de Agua. Es una Espuma muy ligera y fluida la cual proporciona una película de seguridad de vapor, la cual tolerará varios tipos de mezclas de combustibles siendo su drenaje más rápido que el del tipo fluoproteínico. Cuando se utiliza forma, una vez que drena, una película acuosa sobre la superficie del fuego de hidrocarburos que evitará la extinción del fuego y prevendrá el flash-back.

Los hay con concentraciones del 1% que funcionan perfectamente en ambientes con temperaturas bajas.

En función de decidir cuál sería la espuma indicada en cada situación habría que tener en cuenta lo siguiente:

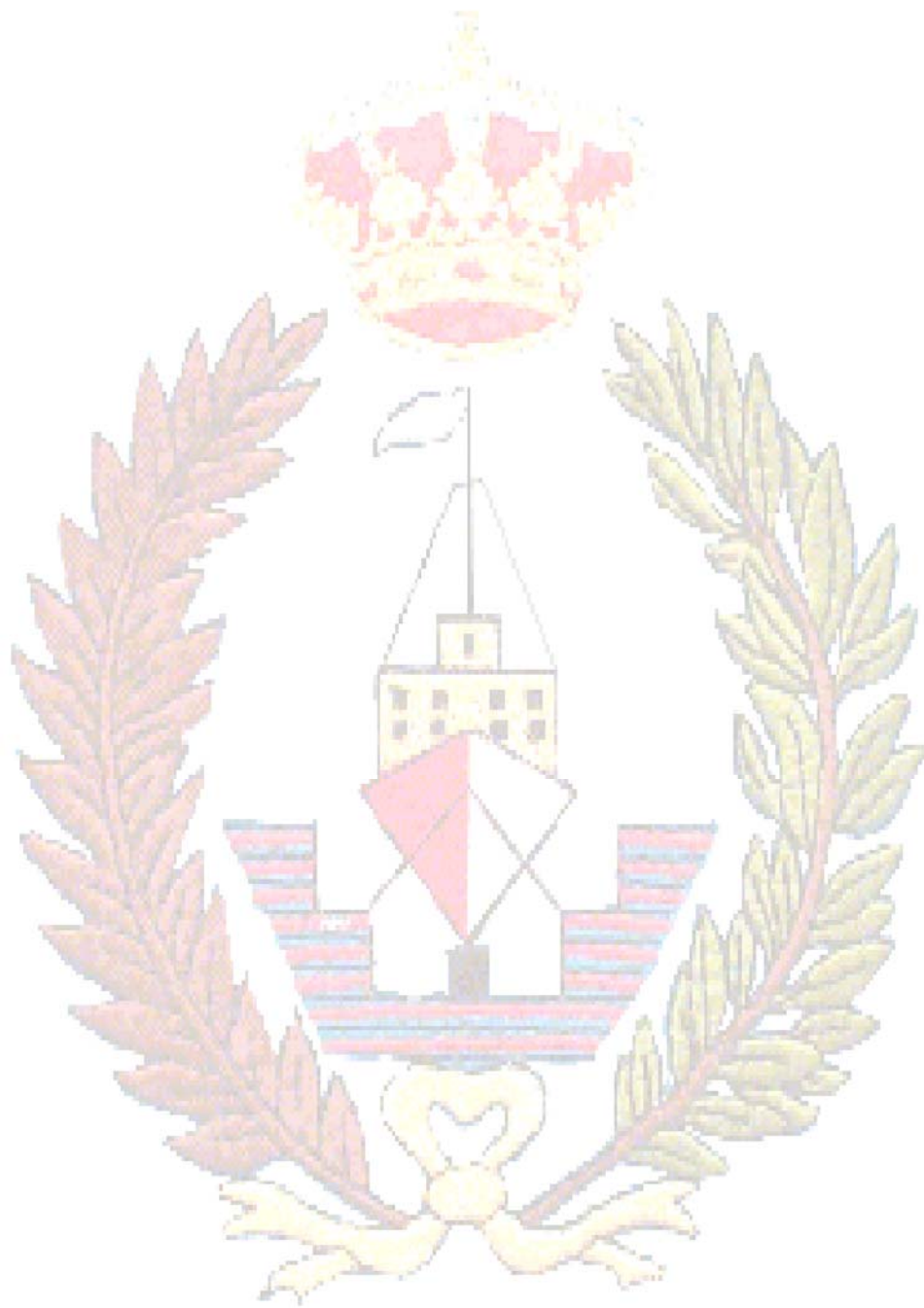
- a) Velocidad de extinción
- b) Reinicio del fuego y resistencia del mismo
- c) Tolerancia del combustible.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Tipos de Fuego y Agentes Extintores</b>	<b>Octubre 2008</b>

La siguiente tabla resume los tipos de Espumas más usuales y sus principales cualidades.

	Protein	Synthetic Detergent	Fluoroprotein	AFFF	FFFP
Speed of Extinction	P	G	G	E	E
Burnback and Reignition Resistance	G	P	G	F	G
Fuel Tolerance	P	P	G	F	E

(P=Poor, F=Fair, G=Good, E=Excellent)





Capítulo 3 **SISTEMAS DE CONTRAINCENDIOS EN LOS BUQUES**





	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 3</b>	<b>Octubre 2008</b>

<b>Capítulo 3 SISTEMAS DE CONTRAINCENDIOS EN LOS BUQUES.....</b>	<b>55</b>
<b>1. Sistemas Fijos de Contraincendios.....</b>	<b>55</b>
1.1 Sistema General de Contraincendios (Agua Salada).....	55
1.1.1 Bombas de Contraincendios.....	57
1.1.1.1 Bomba Principal de Contraincendios.....	57
1.1.1.2 Bomba de Emergencia de Contraincendios.....	59
1.1.2 Red de Tuberías.....	62
1.1.3 Bocas de Contraincendios.....	64
1.2 Sistema de Rociadores (Sprinklers).....	65
1.2.1 Rociadores.....	67
1.2.1.1 Componentes de un Rociador Automático.....	67
1.2.1.2 Clasificación de los Rociadores Automáticos.....	71
1.2.1.3 Clasificación de las Boquillas Pulverizadoras.....	72
1.2.2 Tanques a Presión.....	72
1.2.3 Bombas de Rociadores.....	73
1.2.4 Clasificación de los Sistemas.....	73
1.2.5 Utilización de Rociadores Automáticos.....	75
1.2.6 Categorías Especiales y espacios de carga de Buques tipo RO/RO.....	76
1.3 Sistema de Agua Nebulizada.....	76
1.3.1 Difusores Abiertos y Cerrados.....	77
1.3.2 Equipos de Bombeo.....	78
1.3.3 Botellas de Alta Presión.....	79
1.3.4 Válvulas Direccionables.....	80
1.4 Sistema de Dióxido de Carbono.....	80
1.4.1 Sistema de Alta y Baja Presión.....	80

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 3</b>	<b>Octubre 2008</b>

1.5 Sistema de Halon.....	82
1.6 Sistema de Espuma.....	84
1.6.1 Componentes del Sistema.....	84
1.6.1.1 Circuito de Agua de Contraincendios.....	84
1.6.1.2 Depósito de Espumógeno.....	85
1.6.1.3 Elementos de Dosificación.....	85
1.6.2 Tipos de Sistemas de Espuma.....	86
1.6.1 Sistema de Espuma de Alta Expansión.....	86
1.6.2 Sistema de Espuma de Baja Expansión.....	87
1.6.3 Sistema de Espuma de Media Expansión.....	91
<b>2. Equipos Semi-portátiles de Extinción.....</b>	<b>92</b>
2.1 Mangueras y Boquillas.....	93
2.2 Cañones y Lanzaespumas.....	95
2.3 Lanzas.....	96
<b>3. Extintores Portátiles de Contraincendios.....</b>	<b>97</b>
3.1 Sistemas de Clasificación de los Extintores.....	97
3.1.1 Clasificación de Clase A.....	97
3.1.2 Clasificación de Clase B.....	98
3.1.3 Clasificación de Clase C.....	99
3.1.4 Clasificación de Clase D.....	99
3.1.5 Múltiples Señales.....	99
3.2 Tipos de Extintores Portátiles.....	100
3.2.1 Extintor Portátil de Dióxido de Carbono.....	100
3.2.2 Extintor Portátil de Agua.....	102
3.2.3 Extintor de Polvo Seco.....	104

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

## Capítulo 3

# SISTEMAS DE CONTRAINCENDIOS EN LOS BUQUES

Los equipos contraincendios deben ser simples de operar y de construcción robusta para evitar deterioros que pueda producir el ambiente marino. Siempre con sistemas de operaciones claros y concisos, al igual que el mantenimiento y las instrucciones de comprobación de cada aparato.

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

- 1.Sistemas Fijos de Extinción de Fuego.**
- 2.Equipos Semi-portátiles de Extinción.**
- 3.Extintores Portátiles de Contraincendios**

## 1. SISTEMAS FIJOS DE CONTRAINCENDIOS

### 1.1 Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

#### Constitución del Sistema

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

#### 1.1.1 Bombas de Contraincendios

##### 1.1.1.1 Bomba Principal de Contraincendios

##### 1.1.1.2 Bomba de Emergencia de Contraincendios

#### 1.1.2 Red de Tuberías.

#### 1.1.3 Bocas de Contraincendios



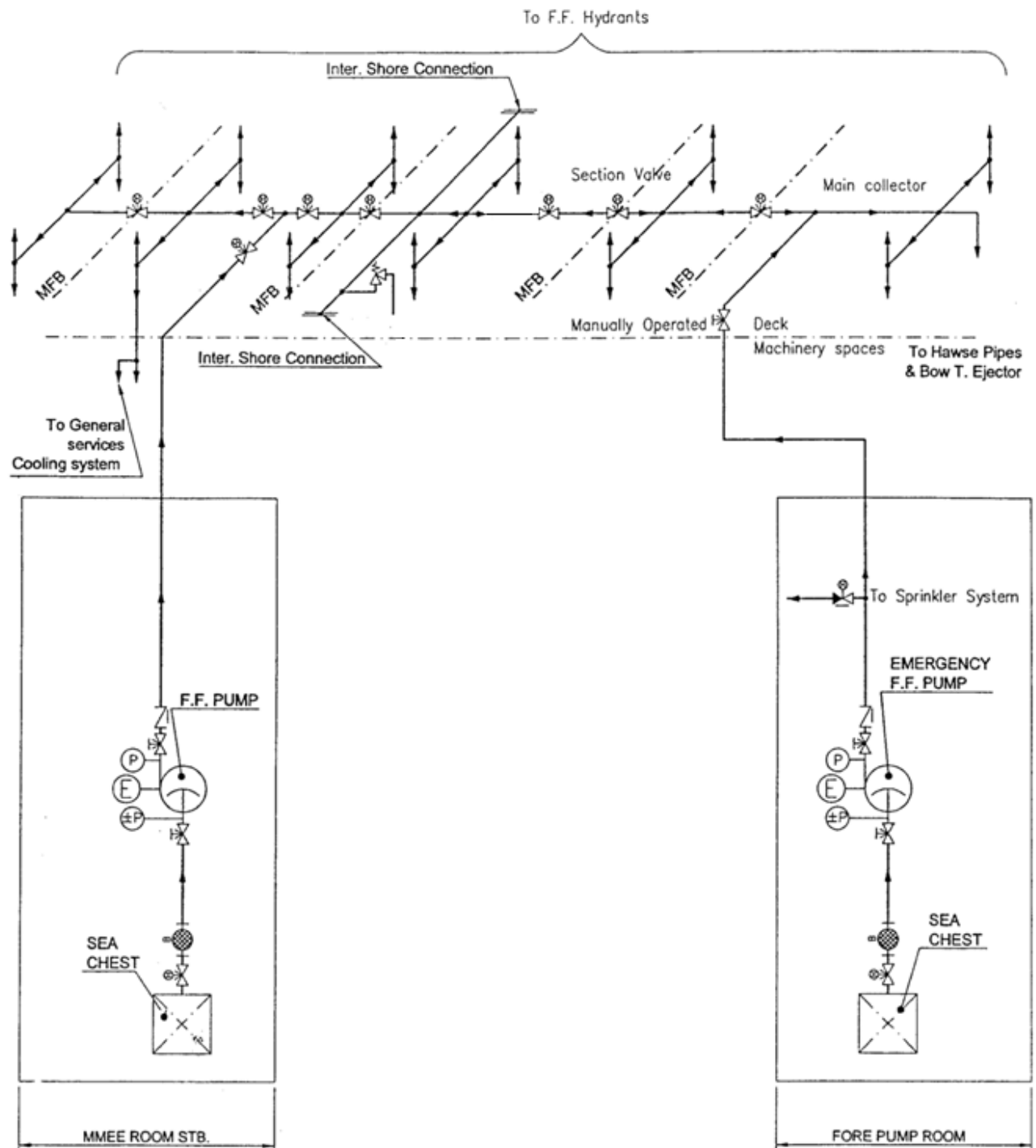
# Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño



E.U.I.T.N.

Sistemas de Contraincendios en los Buques

Octubre 2008



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

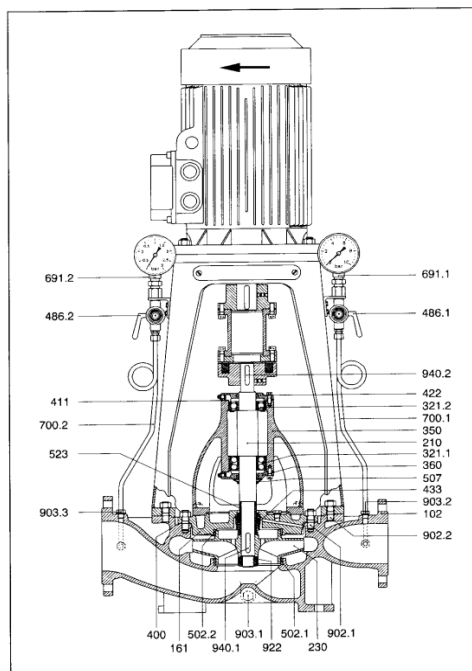
Vamos a definir cada uno de los elementos:

### 1.1.1 Bombas de Contraincendios

Dentro de las bombas de contraincendios vamos a encontrar dos tipos de Bombas. Bomba principal de contraincendios y bomba de emergencia de contraincendios.

#### 1.1.1.1 Bomba Principal de Contraincendios



La mayor parte de las bombas de contraincendios son de tipo centrífugas. La capacidad total de las bombas contraincendios en los buques de carga y pasajeros deben ser de dos tercios de la cantidad requerida para las bombas de sentinas. En buques de carga la capacidad total **no excederá de 180 m<sup>3</sup>/hora.**



Ref <sup>o</sup>	Denominación
102	Cuerpo de bomba
161	Tapa del cuerpo
210	Eje de bomba
230	Impulsor
321.1	Rodamiento
321.2	Rodamiento
350	Soporte rodamientos
360	Tapa rodamiento
400	Junta cuerpo
411	Junta soporte
422	Anillo fieltro
433	Cierre mecánico
486.1	Válvula manómetro
486.2	Válvula vacuómetro
502.1	Anillo desgaste cuerpo
502.2	Anillo desgaste tapa
507	Deflector
523	Camisa eje (opcional)
691	Manómetro
691.2	Vacuómetro
700.1	Tubo manómetro
700.2	Tubo vacuómetro
902.1	Esparrago cuerpo
902.2	Esparrago soporte
903.1	Tapón drenaje
903.2	Tapón venteo
903.3	Tapón cebado
920.1	Tuerca
920.2	Tuerca
922	Tuerca impulsor
940.1	Chaveta impulsor
940.2	Chaveta acoplamiento

El agua debe ser suministrada por al menos 3 bombas independientes en el caso de buques de pasajeros de más de 4000 GT, 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. En el caso de buques de carga al menos dos bombas de este tipo deben ser instaladas en la cámara de máquinas. También en este mismo tipo de buques una de las bombas principales debe de estar conectada al sistema principal de contraincendios. Mencionar que esta conexión será necesaria siempre y cuando dicha bomba tenga la capacidad y la presión de descarga necesaria.

La capacidad mínima y el número de bombas contraincendios serán teniendo en cuenta la siguiente tabla:

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

**Number and minimum capacity of fire pumps**

Passenger ships		Cargo ships		
≥ 4000 GT	< 4000 GT	≥ 500 GT	< 500 GT	
Number of power-driven fire pumps				
3	2	2	1	
Minimum capacity $\dot{V}$ (m <sup>3</sup> /h) of one fire pump <sup>1</sup>				
<sup>2</sup> $5,1 \cdot 10^{-3} d_H^2$	$3,8 \cdot 10^{-3} d_H^2$	<sup>2</sup> $7,65 \cdot 10^{-3} d_H^2$	$5,75 \cdot 10^{-3} d_H^2$	$3,8 \cdot 10^{-3} d_H^2$
<sup>1</sup> $d_H$ (mm) = theoretical diameter of the bilge main (see Section 11, N. formula 4) <sup>2</sup> 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.				

Cuando haya 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 de a bordo del buque.

En el caso de buques que transporten mercancías peligrosas los requisitos mínimos serán:

- La capacidad de la bomba contraincendios **no debe de ser menor de 25m<sup>3</sup>/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.



Bomba de Sanitarios, sentinas, lastre y bombas de servicios generales pueden ser utilizadas para este propósito, teniendo en cuenta que no son para trasiego de combustible. En ocasiones se realizan operaciones de transferencia de combustible con estas bombas pero siempre con los adecuados cambios pertinentes.

En el caso de petroleros, las bombas de contraincendios no se colocarán en la sala de bombas, ni en espacios donde se contengan vapores explosivos, o en espacios inmediatamente adyacentes a tanques de aceite o tanques de derrame. Por sistema de seguridad sería necesario que apareciera ventilación en el interior de los tanques tales como registros, puertas o sistemas de ventilación para evitar el cúmulo de gases dentro del compartimento.

En el caso de buques de carga de menos de 1000 GT, uno de las bombas de contraincendios puede que se acople a un motor que no sea exclusivo para este fin.

En los buques de menos de 300 GT, posiblemente la bomba de contraincendios está



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

conectada al motor principal, pudiendo ser desconectada y conectada a la misma mediante un sistema de embrague.

En estos tipos de buques las bombas de contraincendios al igual que su fuente de propulsión puede que no se coloque en una zona lejana del mamparo de colisión.

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

La bomba alimentará simultáneamente, a la presión necesaria, todas las secciones del sistema en cualquier compartimento protegido.

La bomba podrá estar accionada por un motor independiente de combustión interna, pero si su funcionamiento depende de la energía suministrada por el generador de emergencia instalado en cumplimiento de lo dispuesto en las reglas II-1/42 o II-1/43 del Convenio, según proceda, dicho generador podrá arrancar automáticamente en caso de que falle la energía principal. El motor de combustión interna independiente para hacer funcionar la bomba estará situado de modo que si se declara un incendio en el espacio o los espacios que se desea proteger, el suministro de aire para el motor no se vea afectado.

Se instalarán boquillas que dominen las sentinas, los techos de los tanques y otras zonas en que haya riesgo de que se derrame combustible líquido, así como otros puntos de los espacios de máquinas en que existan peligros concretos de incendio.

El sistema podrá dividirse en secciones cuyas válvulas de distribución se puedan manejar desde puntos de fácil acceso situados fuera de los espacios protegidos, de modo que no esté expuesto a quedar aislado por un incendio declarado en el espacio protegido.



La bomba y sus mandos estarán instalados fuera del espacio o los espacios protegidos. No debe existir la posibilidad de que en el espacio o los espacios protegidos por el sistema de aspersión de agua, dicho sistema quede inutilizado por un incendio.

El sistema se mantendrá cargado a la presión correcta y la bomba de suministro de agua comenzará a funcionar automáticamente cuando se produzca un descenso de presión en el sistema.

Como el calor escapa continuamente por radiación, conducción y convección, sólo es necesario absorber una pequeña parte de la cantidad total del que se está produciendo en el fuego para extinguirlo por enfriamiento; sin embargo el agua debe alcanzar directamente al combustible incendiado. Para conseguirlo se necesita buena visibilidad, a no ser que la descarga de agua se produzca en las primeras etapas del fuego.

### **1.1.1.2 Bomba de Emergencia de Contraincendios**

Las bombas de emergencia de contraincendios tienen que ser capaces de dar suministro suficiente a todas las partes del buque a través de dos hidrantes de forma simultánea y a la



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

presión indicada en la tabla siguiente y también poseer una capacidad no menor del 40% de la capacidad total que requiere las bombas principales de contraincendios, pero en ningún caso el caudal será menor de 25m<sup>3</sup>/h en el caso de buques de pasajes de menos de 1000GT y en el caso de buques de carga de 2000 GT o superior, y en ningún caso menos de 15 m<sup>3</sup>/h para buques de carga de menos de 2000 GT.

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

Tanto si es eléctrica o por motor diesel, la bomba de contraincendios de emergencia deberá estar situada en lugar donde no le afecte el humo ni el fuego que se pudiera producir en la zona donde está situada la bomba de contraincendios principal. En el caso de que estas vengan impulsadas por motor diesel tienen que estar provistas de un sistema de arranque manual que funcione correctamente a temperatura de 0°C. Si es necesario se instalaren 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 dentro de 30 minutos y de al menos dos arrancadas en los primeros 10 minutos. Uno de los juegos de baterías debe de estar en permanente suave carga y un arrancador de batería manual siempre dispuesto. El aire que hay dentro del cuarto donde están las bombas tiene que ser calculado para disminuir la posibilidad de que falle el motor debido a la entrada de humo o agua. En el caso del motor eléctrico la fuente de alimentación será el generador de emergencia. Los cables eléctricos que van desde el generador a la bomba de contraincendios de emergencia nunca pasarán por el mismo espacio donde está colocada la bomba de contraincendios principal. La bomba de contraincendios de emergencia preferentemente no succionará agua del mar del mismo espacio de donde lo hace la bomba de contraincendios principal. Cuando la bomba está localizada en una zona alta, y la succión del mar se requiere que esté dentro del cuarto de máquinas entonces la válvula de entrada de agua del mar debe de estar en una posición adyacente a la bomba de contraincendios de emergencia. La válvula debe de estar en posición abierta todo el tiempo y ser controlada por un sistema hidráulico o bien un eje que en el caso de fallo eléctrico permanezca la válvula abierta. Cualquier tubo de succión colocado en la sala de máquinas debe de estar protegido con un forro de acero u otro metal pesado que lo cubra. La localización del punto de succión debe de ser de forma que bajo ninguna situación o condición de mar quede fuera de este para garantizar un correcto funcionamiento de este sistema.

El espacio que contiene la bomba de contraincendios es considerado una "estación de control". Todos los equipos eléctricos y de suministro de agua requeridos para la operación de la bomba de emergencia de contraincendios deben de ser independientes de la zona a la que

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

están instalados los de la bomba principal de contra incendios.

El acceso directo entre la sala de máquinas y el compartimento en el que se aloja la bomba de contra incendios de emergencia no debe de ser permitido en reglas generales, pero en el caso de que no haya otra solución y sea necesario este acceso se colocarán dos puertas de seguridad y un sistema de seguridad de paso de aire, o utilizando una puerta estanca al agua con un sistema remoto de maniobrabilidad desde un punto que no tenga relación directa con la sala de máquinas ni con la sala de bomba de contra incendios de emergencia. En este último caso se dispondrá de un segundo acceso a la sala de la bomba de contra incendios de emergencia.

El suministro de combustible para la operación de la bomba de contra incendios de emergencia 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 contra incendios 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.

Cuando la bomba de contra incendios de emergencia está colocada en un compartimento lejos de los tanques de carga o de los tanques de aceite y por debajo del nivel de la cubierta de los tanques de carga y tiene acceso a esa cubierta, por seguridad hay que asegurar que los gases inflamables no caigan a este espacio. En estos casos la apertura desde esa cubierta de los tanques de carga tiene que estar provista con un sistema de seguridad de paso de aire con dos puertas de seguridad y con dicho compartimento ventilado mecánicamente y que cuya ventilación sea alimentada con aire que provenga de zonas sin ningún riesgo.

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

Dicha válvula deberá de permanecer siempre en posición abierta y correspondientemente señalada. La válvula podrá instalarse bien lo más cerca de la bomba posible o cerca del control de bomba en el caso de bomba accionada a control-remoto.

El agua de suministro en buques de pasajeros con 1000 toneladas de peso o superiores tienen que abastecer al menos una línea de agua desde sea cual sea el hidrante interior utilizado, la continuidad de este suministro de agua será asegurado por un arranque automático de una bomba contra incendios. En buques de carga con sala de máquinas inasistidas o con una sola persona al control, un suministro inmediato desde el sistema de contra incendios principal a la presión necesaria es necesario con un sistema de accionamiento por control remoto o desde el puente de navegación o estación de contra incendios, siempre con una presión permanente desde el sistema principal de contra incendios o desde una de las bombas principales de contra incendios.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 1.1.2 Red de Tuberías

Los materiales que pierdan efectividad con las altas temperaturas no deben de ser usados para los conductos principales y los hidrantes. Las tuberías de acero deben de ser galvanizadas tanto por el interior como por el exterior. Las piezas de tuberías de hierro no son aceptables. Las válvulas de mariposa y las válvulas de diafragma con asiento suave no son aceptables para fines aislantes al menos que haya superado una prueba de contraincendios. Tanto las tuberías como los hidrantes estarán colocados de forma que la conexión de las mangueras a los mismos sea sencilla. En las cubiertas de carga la colocación debe de ser tenida en cuenta para evitar colisiones y daños en el sistema de contraincendios. Los sistemas contraincendios estarán provistos de válvulas de alivio en el caso de que las bombas contraincendios pudieran enviar una presión superior a la presión diseñada en el sistema. Al menos que en cada uno de los hidrantes se les asigne una manguera y una boquilla concreta, todos ellos deben de ser completamente intercambiables entre ellos tanto mangueras como boquillas.



Las válvulas de aislamiento independizan las tuberías correspondientes a los espacios de maquinas que incluyen la bomba principal de contraincendios o bombas del resto de las tuberías de contraincendios. Estas válvulas deben de tener su localización en un lugar exterior a la sala de máquinas en una posición de acceso fácil y visible. Los conductos de contraincendios deben de estar planeados de forma que cuando las válvulas de aislamiento de la sala de máquina están cerradas todos los hidrantes en el buque puedan estar suministrados de agua desde tuberías las cuales no tienen recirculación por la sala de máquinas.

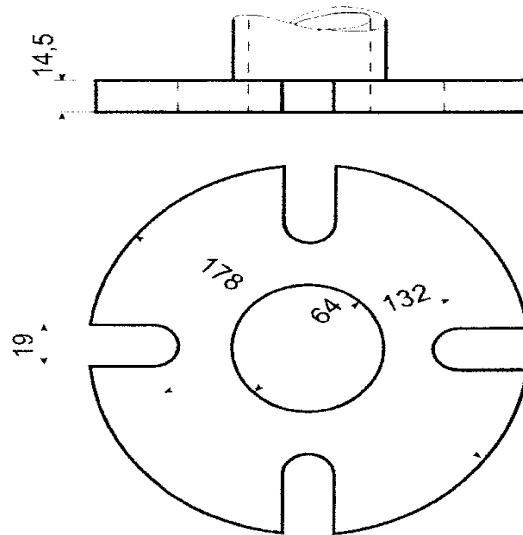
Los conductos de contraincendios deben de estar disponibles para fines de contraincendios en cualquier momento y la conexión a otros servicios no está normalmente permitida. Es sin embargo permisible colocar ramificaciones para una demanda pequeña de agua como por ejemplo para la parte alta de los tanques de agua de lastre en buques de carga de materiales con bajo nivel de peligrosidad pueden que sean llenados con una manguera flexible conectada a los conductos de contraincendios. Una vez utilizada la manguera para este propósito será inmediatamente retirada.

#### ***Conexiones Internacionales a Tierra***

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

La conexión internacional a tierra será de acero u otro material equivalente y estará proyectada para una presión de 1 N/mm<sup>2</sup>. La brida será plana por un lado y en el otro llevará permanentemente unido un acoplamiento que se adapte a las bocas contraincendios y las mangueras del buque. La conexión se guardará a bordo con una junta de cualquier material adecuado para una presión de 1 N/mm<sup>2</sup>, y con cuatro pernos de 16 mm de diámetro y 50 mm de longitud, cuatro tuercas de 16 mm y ocho arandelas.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>



**International shore connection**

En buques para los cuales una bomba de emergencia de contra incendios es específica o en los cuales las bombas de contra incendios están instaladas en compartimentos separados, debe de ser posible, mediante una válvula de paro, aislar la sección de las tuberías de contra incendios de la sala de máquinas de categoría A donde las bombas principales de contra incendios están localizadas del resto de las tuberías de contra incendios. 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 maquinas, 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 las zonas de maquinarias haciendo que la integridad de estos sea mantenidas mediante el aislamiento de los tubos mediante un armazón de acero.

Otra alternativa en estos casos es colocar tubos con una pared gruesa, pero nunca menor a 11 mm, y con un factor de aislamiento correspondiente al A-60 Standard.

Todas las tuberías de contra incendios estarán provistas de válvulas de drenaje.

En los **tanques**, las tuberías de contra incendios 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 durante operaciones con el buque en climas fríos, adecuadas previsiones serán necesarias para tuberías presurizadas continuamente.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

### ***Diseño de Tuberías de Contraincendios***

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

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

$d_{ci}$  = diámetro interior de la tubería de contra incendios.

$dh$  = diámetro teórico de la tubería principal de sentina.

$$d_{ci} \text{ mínimo} = 50 \text{ mm}$$

En los buques de carga el diámetro máximo ( $d_{ci\max}$ ) nunca será superior a 130 mm.

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 una presión de trabajo de 10 bares. En los tanques de gas licuado nunca será menor de una presión en la boquilla de 0,50 N/mm<sup>2</sup>.

#### **1.1.3 Bocas de Contraincendios**

Las boquillas podrán ser de 12mm, 16mm y nunca superior a los 19mm y siempre con reguladores de 2 posiciones y siempre con un sistema de apagado.

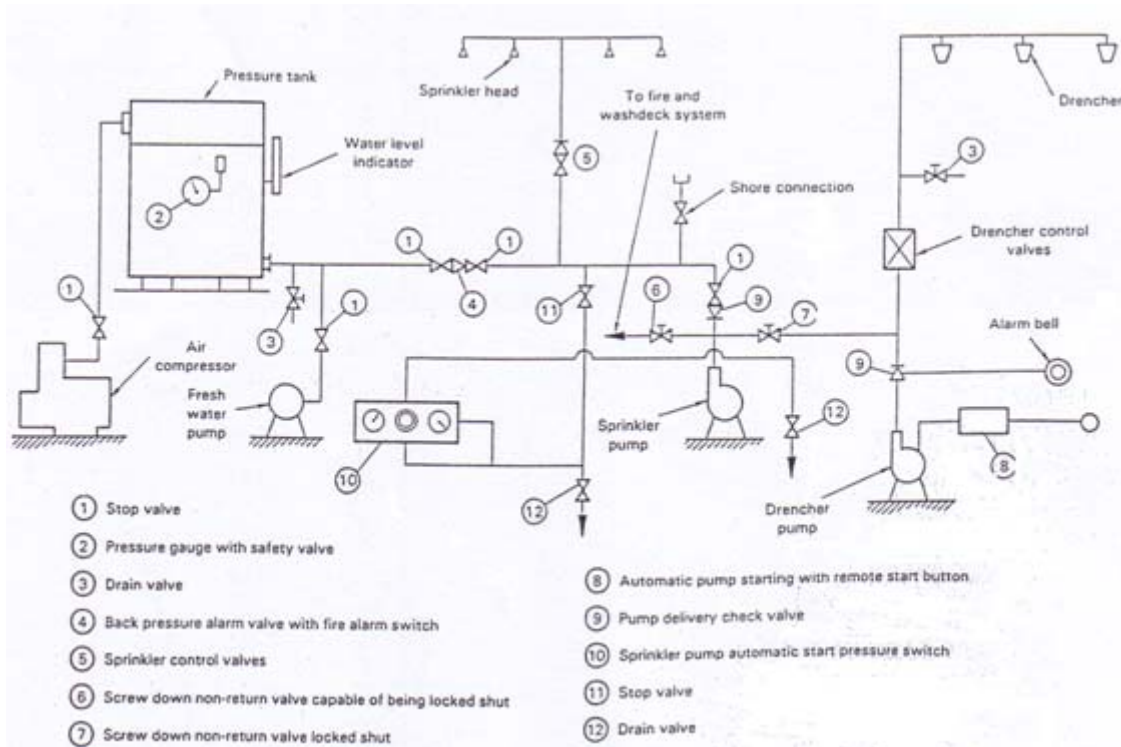
En las zonas de estancia de tripulación y pasajeros con una boquilla de 12 mm es suficiente. Las boquillas serán fabricadas de latón, aluminio y aleaciones de cobre, o del plástico adecuado.

Se dispondrán conexiones internacionales a ambos lados del buque para su conexión desde la cubierta principal al muelle.

En las salas de máquinas y en zonas exteriores, el tamaño de las boquillas serán de tal dimensión que se consiga la máxima descarga posible desde 2 boquillas a la presión estipulada desde la bomba de contraincendios más pequeña. Pero nunca se utilizará una boquilla con un diámetro superior a 19 mm. ya que un diámetro mayor entorpecería la maniobrabilidad de las mismas.

## **1.2 Sistema de Rociadores (Sprinklers)**







El rociador puede considerarse una boquilla fija de aspersión que funciona independientemente mediante un detector térmico. Los rociadores descargan agua después de soltar una tapa o un tapón activado mediante un elemento de respuesta al calor. Existe un gran número de tipos y diseños de rociadores.

Los rociadores estarán fabricados de un material anticorrosivo, pero no son permitidos los fabricados de acero galvanizado.

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, utilizando diferentes líquidos de colores en el interior de la ampolla de los rociadores activados mediante una ampolla frangible, o estampando la temperatura en el propio rociador.

A la hora de hablar de rociadores es conveniente mencionar varias definiciones:

**\*Sistema de Rociadores de Agua:** conjunto compuesto por cabezas rociadoras, líneas de tuberías de alimentación y válvula de control y alarma.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

**\*Sistema de Agua Pulverizada:** conjunto de tuberías fijas conectadas al abastecimiento de agua, para la protección contra incendios y, dotado de boquillas pulverizadoras. La red de tuberías se conecta al abastecimiento de agua mediante una válvula manual o automática. La apertura de la válvula automática es por medio de un equipo automático de detección que está en el área a proteger.

**\*Agua Pulverizada:** forma de descarga a partir de unas boquillas u otros dispositivos similares, según tamaño de gota, velocidad y densidad.

**\*Cabeza Rociadora:** elemento que, conectado a una línea de tubería, descarga el agua en las condiciones calculadas.

**\*Válvula de Control y Alarma:** conjunto que, conectado siempre a la línea de tubería que alimenta al sistema, controla la descarga del agua y su presión, transmite las condiciones de alarma y dispone de medios para realizar pruebas y el vaciado del sistema.

**\*Línea de Tubería:** conducciones del agua que van desde la válvula de control y alarma hasta las cabezas rociadoras. Se distinguen con las siguientes denominaciones:

- a) Ramales de rociadores: a ellos se conectan las cabezas rociadoras.
- b) Secundarias: alimentan a las líneas ramales de rociadores.
- c) Principales: alimentan a las líneas secundarias.
- d) Ascendentes: son líneas principales verticales que nacen en la válvula de control alarma y alimentan a diferentes niveles de líneas de tuberías.

**\*Área Supuesta de Funcionamiento:** es el área máxima ( $m^2$ ) que se espera pueda incendiarse. Se emplea para rociadores automáticos.

**\*Tiempo de Funcionamiento:** tiempo mínimo previsto, expresado en minutos, durante el cual hay que estar proyectando agua sobre el área supuesta.

**\*Rociador Automático:** dispositivo que descarga agua automática sobre el incendio de una forma determinada, en cantidad suficiente para realizar su total extinción o al menos controlar su evolución, al romperse a una temperatura predeterminada, el elemento termosensible que cierra el orificio del rociador.

**\*Boquilla Pulverizadora:** rociador abierto o pulverizador empleado en los sistemas de inundación o diluvio, para lanzar agua pulverizada, con unas dimensiones de partícula, velocidad y densidad de pulverización predeterminadas.

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

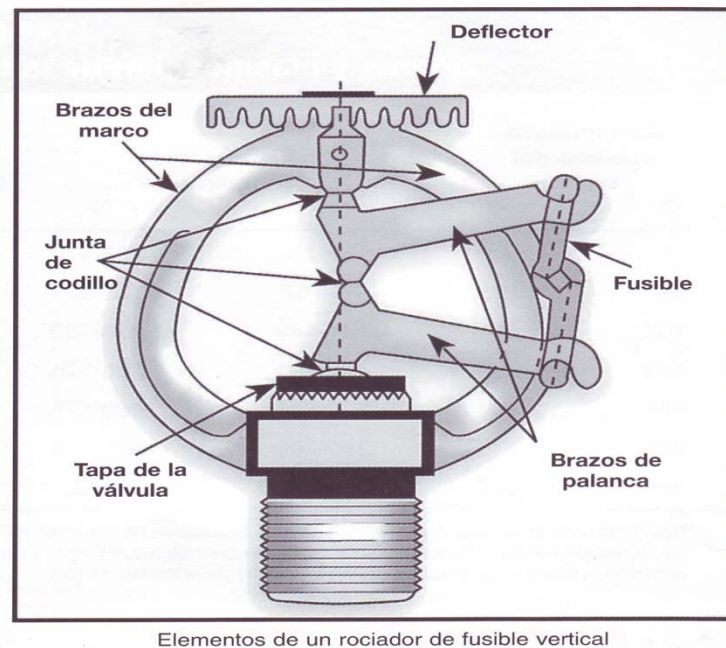
- Rociadores (Sprinklers)
- Tanque a Presión
- Bomba de Rociadores



-Tuberías

## 1.2.1 Rociadores

### 1.2.1.1 Componentes de un Rociador Automático





\***Cuerpo**: formado por la parte del orificio de salida del agua que va enroscada a la tubería, y orificio de descarga y brazos para la sujeción del dispositivo de disparo termosensible y del deflector.

\***Deflector**: elemento sobre el que choca el chorro compactado de agua, disgregándolo en un chorro de agua pulverizada con una configuración determinada.

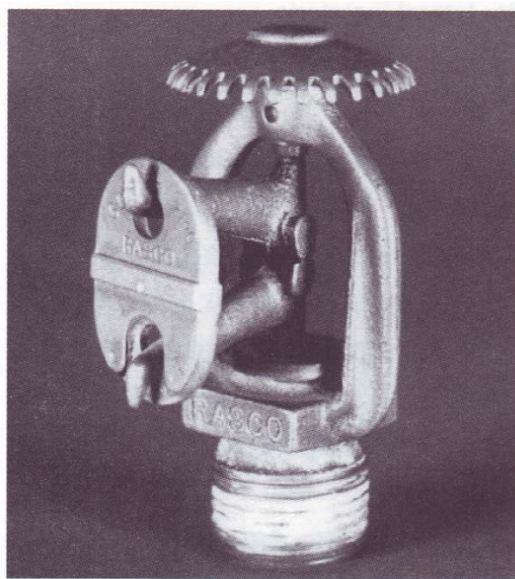
\***Elemento Termosensible**: componente sensible a una determinada temperatura a la cual pierde su estado de rigidez o de tensión, abriendo el orificio de salida de agua. Al existir varias temperaturas de tarado, este elemento convierte al rociador en un elemento de temperatura fija. Este elemento lleva en su interior un líquido de alto coeficiente de dilatación que al dilatarse comprime una burbuja de aire de forma que aumenta la presión y rompe la ampolla. Tres de los mecanismos de liberación más utilizados para activar los rociadores son los fusibles, Las ampollas frangibles y las pastillas químicas. Todos estos mecanismos de rociador se derriten o se abren por el calor. Hablaremos de cada uno de ellos de forma breve:

**Fusible**: El diseño de un rociador que utiliza un fusible supone atornillar un marco en la tubería del rociador. Dos palancas presionan este marco y una tapa encima del orificio del marco evita que salga el agua. El fusible mantiene unidas las palancas hasta que se derrite durante un incendio. A continuación, el agua empuja las palancas y la tapa y golpea el deflector del

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

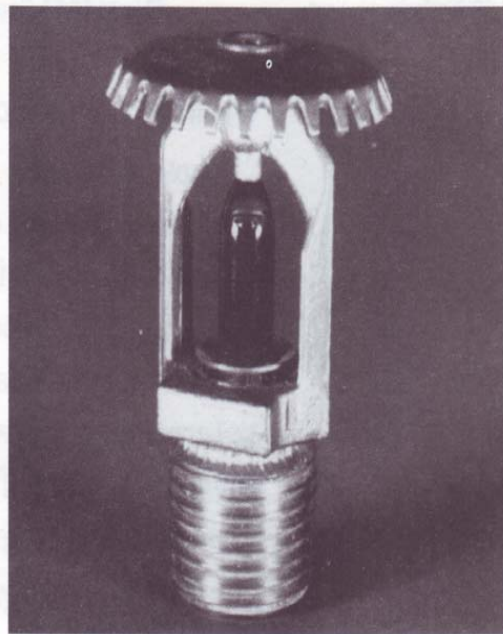
extremo del marco. El deflector convierte el chorro normal de 13mm (0,5 pulgadas) en agua pulverizada para lograr una extinción más eficaz.

Se ha desarrollado un mecanismo de respuesta con propósitos de seguridad vital. Este fusible especialmente diseñado tiene una superficie mayor para contener más rápido que un rociador de fusible normal el calor generado por un fuego. Esto hace que el rociador pueda abrirse más rápido y que el incendio se extinga antes.



Rociador de Fusible

**Ampolla Frangible:** Existen algunos rociadores que utilizan una pequeña ampolla llena de líquido con una burbuja de aire para mantener el orificio cerrado. El calor expande el líquido hasta que la burbuja es absorbida por el líquido. Esto hace aumentar la presión interna hasta quebrar la ampolla cuando se alcanza la temperatura adecuada. La temperatura de rotura se regula mediante la cantidad de líquido y el tamaño de la burbuja de la ampolla. El líquido tiene un código de color que designa la temperatura específica de rotura. Cuando la ampolla se quiebra, la tapa de la válvula salta. La cantidad de líquido en la ampolla determina cuando se quebrará.





Rociador de Ampolla Frangible

**Pastilla Química:** Una pastilla química, bajo compresión, en un cilindro pequeño, se funde a una temperatura predeterminada, que hace que el percutor baje y libere la tapa de la válvula.



Rociador de Pastilla Química



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

Normalmente el tipo de rociador más utilizado es el rociador de **ampolla frangible**. 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 plantas. Cada sección debe tener la capacidad de ser aislada mediante una válvula de parada localizada en una zona de fácil acceso y clara posición. Un medidor de presión debe de colocarse junto a cada válvula de parada y en la estación de control. Los rociadores deben de ser resistentes a la corrosión. Será necesario **utilizar el sistema** cuando el rango de temperaturas fluctúen entre **68 y 79 grados** centígrados, excepto en el caso donde el ambiente se prevé a altas temperaturas en el ambiente en este caso la temperatura de trabajo podrá aumentarse hasta 30 grados centígrados por encima de la máxima temperatura de la cubierta principal.

Los rociadores serán colocados en los techos y deben de ser capaces de mantener una **caudal** de al menos **5 litros/m<sup>2</sup> por minuto**.

Se dispondrá de un tanque de agua presurizada con una capacidad mínima de 2800 litros de agua que se colocará a una distancia razonable en el caso de salas que contenga maquinarias del tipo A y nunca situado en una zona protegida con rociadores. En los planes habrá que tener en cuenta el control del aire y su presión para cuando se llenen los tanques de agua esta presión no sea superior a la presión de trabajo de los rociadores más la presión ejercida por un golpe de agua medido desde el fondo del tanque hasta el rociador más alto que hay en el sistema.



Los rociadores serán alimentados por una bomba conectada al agua del mar. La bomba debe ser:

- i) una bomba con sistema de propulsión independiente capaz de suministrar de forma continua agua a los rociadores y que actúe de forma automática mediante un sistema de actuación por caída de presión del sistema antes de que el tanque de agua se vacíe.
- ii) Situado en un lugar razonablemente alejado de salas con maquinaria de clasificación A y tampoco situado en ninguna zona protegida por rociadores.
- iii) Capaz de monitorizar y mantener la presión necesaria de la que precisa el rociador colocado a mayor altura asegurando una cobertura de 280 m<sup>2</sup> en cubierta con un caudal de 5 litros/m<sup>2</sup> por minuto.
- iv) Compuesto por una válvula de medición con un pequeño tubo de descarga en el lado de reparto.

No menos de dos fuentes de suministro eléctrico para la bomba de agua de mar para la alarma automática y para el sistema de detección son requeridas.

En el caso que las fuentes de alimentación sean eléctricas entonces deberán conectarse al menos a dos fuentes de suministro de energía para la bomba de agua de mar y el sistema automático de detección y alarma. Si la bomba es de accionamiento eléctrico, estará conectada



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

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

### 1.2.1.2 Clasificación de los Rociadores Automáticos

i- Según el tipo de sistema:

- a) Rociadores cerrados o automáticos con elementos termosensibles.
- b) Rociadores abiertos o pulverizadores, para sistemas de inundación total o diluvio, de agua pulverizada, sin elementos termosensibles y asociados a instalaciones de detección automática de incendios.

ii. Según la temperatura de tarado:

Según la temperatura a la que actúan, comprendida entre 57°C y 260°C, obtenida mediante pruebas normalizadas, consistentes en introducir el rociador en un líquido cuya temperatura se eleva lentamente hasta que se produce la activación del rociador, los rociadores se clasifican en los tipos siguientes, identificados por el color del líquido de la ampolla o el color de los brazos.

iii. 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.

iv. Según el tipo de deflector y descarga:

**\*Rociador Convencional (Old type):** con este rociador se produce una distribución de agua de forma semiesférica hacia abajo y del orden de un 40 a un 60% de agua hacia el techo, con lo que la distribución de agua y el tamaño de las gotas es irregular, disminuyendo su capacidad extintora. Son considerados de **tipo antiguo**.

**\*Rociador Normal o Pulverizador (Standard):** produce una descarga de agua pulverizada en forma semiesférica, por debajo del deflector. Es mucho más efectivo que el tipo convencional debido al efecto enfriador del agua pulverizada, a una mejor distribución del agua en niveles altos y a una mejor descarga directa del agua sobre el incendio.

**\*Rociador de Gota Gorda (large drop):** el deflector pulveriza el agua en forma de gotas más gruesas que el normal, para conseguir una mayor penetración en incendios en locales

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

pequeños en los que puedan producirse incendios con un gran desprendimiento del calor.

\***Rociador de Pared** (sidewall): estos rociadores están diseñados para ser colocados a lo largo de una pared y próximos al techo, de forma que solo una pequeña parte del agua descargada se proyecte sobre las paredes y el resto se proyecta en forma de un cuarto de esfera hacia un lado. El deflector es asimétrico.

v. Según la posición:

\*Rociador montante: para ser instalado con el deflector hacia arriba.

\*Rociador colgante: posición inversa, es decir, para ser instalado con el deflector hacia abajo

\*Rociador horizontal: correspondiente al tipo de pared.

### 1.2.1.3 Clasificación de las Boquillas Pulverizadoras

i. Según la velocidad de pulverización:

a) *de alta velocidad*: descargan en forma de cono sólido, con chorros finamente divididos. Se emplea para la protección contra incendios de líquidos inflamables.

b) *de media velocidad*: descargan en forma de cono o esferoide, formando chorros finos. Se emplea como protección de contra incendios en presencia de sólidos, líquidos inflamables o gases.

ii. Según el tipo de boquilla:



a) de cuerpo único, con maquinado de salida para pulverizar en forma de cortina o de cono.

b) de cuerpo hélice y boquilla, que imprimen al agua un movimiento giratorio a gran velocidad.

c) de cuerpo con brazos y deflector, en los cuales, el diseño de éste determina el ángulo del cono de agua.

### 1.2.2 Tanques a Presión

Se instalará un tanque de presión que tenga como mínimo un volumen igual al doble de la carga de agua especificada en este párrafo. Dicho tanque contendrá permanentemente una carga de **agua dulce** equivalente a la que descargaría en 1 minuto la bomba de los rociadores, y la instalación será tal que en el tanque se mantenga una presión de aire suficiente para asegurar que, cuando se haya utilizado el agua dulce almacenada en él, la presión no sea menor en el sistema que la presión de trabajo del rociador más la presión ejercida por una columna de agua medida desde el fondo del tanque hasta el rociador más alto del sistema. Existirán medios adecuados para reponer el aire a presión y la carga de agua dulce del tanque. Se instalará un indicador de nivel, de vidrio, que muestre el nivel correcto de agua en el tanque. Se proveerán medios que impidan la entrada de agua de mar en el tanque.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 1.2.3 Bombas de Rociadores

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 al nivel del rociador más alto, de modo que se asegure un suministro continuo de agua en cantidad suficiente para cubrir un área mínima de 280 m<sup>2</sup>. Habrá que confirmar la capacidad hidráulica del sistema mediante un examen de los cálculos hidráulicos, seguido de una prueba del sistema, si la Administración lo juzga necesario.

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

### 1.2.4 Clasificación de los Sistemas

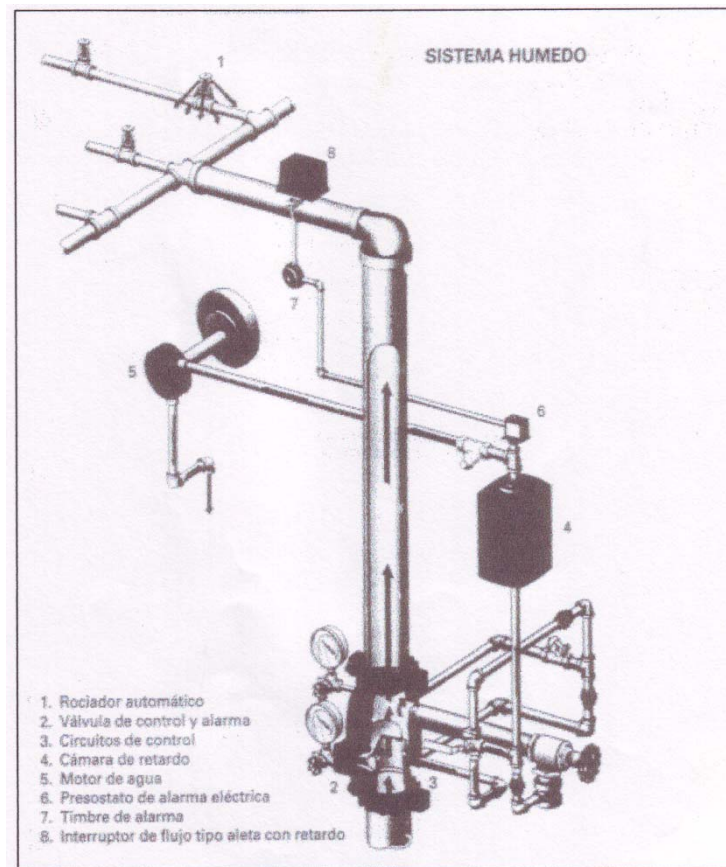
#### a) Sistema de Rociadores Automáticos:

**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, empezando a llenar la cámara de retardo mientras simultáneamente evacua por la restricción de drenaje.

Cuando el flujo del 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.

La cámara de retardo reduce de esta forma las falsas alarmas producidas por cambios repentinos en la presión del suministro de agua.



**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.

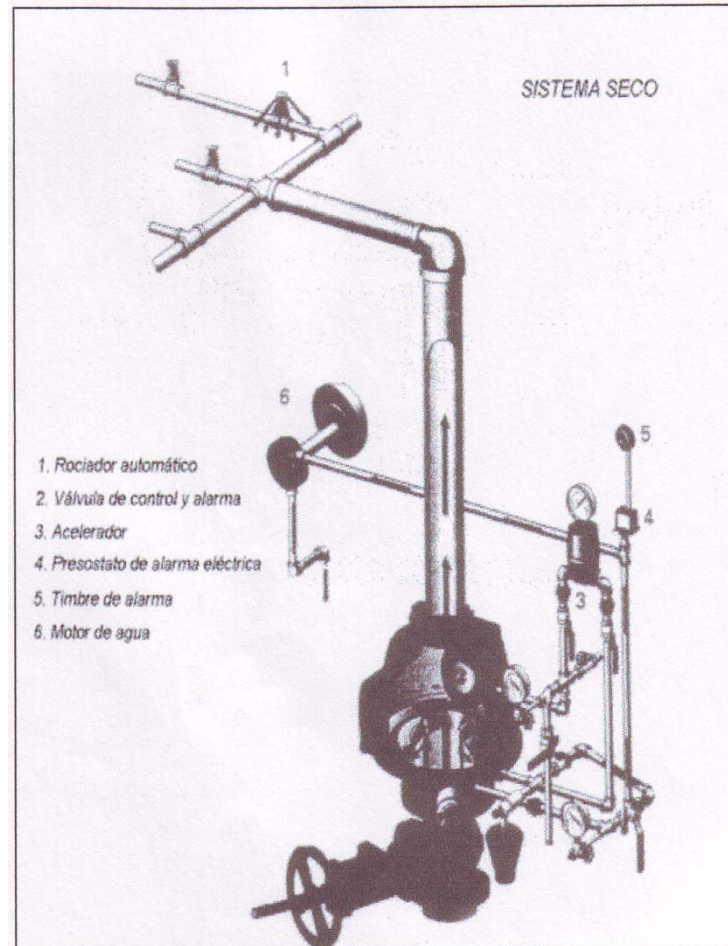
Cuando uno o más rociadores se han abierto por el fuego, se retira el aire a presión contenido en la red de tuberías, haciendo que se abra la válvula de control y alarma, dejando pasar el agua al sistema.

Se puede añadir un acelerador, a grandes sistemas, con objeto de adelantar la apertura de la válvula de control y alarma.

El agua que fluye de la cámara intermedia de la válvula de control y alarma puede:

- \*Presionar sobre el presostato de alarma eléctrica para activar un timbre de alarma.
- \*Actuar sobre un motor de agua que hace sonar un gong de alarma.
- \*Actuar simultáneamente sobre ambas alarmas, hidromecánica y eléctrica.

El sistema cuenta con un compresor de mantenimiento de aire para montaje con brida y abrazadera sobre la tubería que parte de la válvula de control y alarma.



### b) Sistema Automático de Inundación:

Utilizan rociadores abiertos o pulverizadores de media o alta velocidad.

#### 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, mediante el empleo de rociadores automáticos que descargan agua con un caudal, una presión y una configuración determinados, para el tipo de riesgo de que se trata.

Estos sistemas se emplean en la protección de locales.

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 están instalados.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

< 300 rociadores – 6 repuestos

300-1000 rociadores – 12 repuestos

>1000 rociadores – 24 repuestos

### 1.2.6 Categorías Especiales y Espacios de Carga de Buques tipo RO/RO

Estos espacios permiten el movimiento libre de los vehículos a lo largo y a lo ancho del mismo, con lo cual aparecen problemas a la hora de combatir y reducir un fuego. Sistemas fijos de gas por motivos de toxicidad y asfixia no son permitidos ya que el paso de personal es permitido, espuma de baja expansión es inapropiada en estos casos, y la espuma de alta expansión puede que se necesitara a unas cantidades que serían impracticables. Por lo tanto, el sistema alternativo más apropiado en estos casos sería un sistema fijo de Rociadores capaz de suministrar una cantidad grande de agua de forma rápida sobre una amplia zona. Sin embargo una cantidad muy grande de agua sobre la cubierta de los vehículos puede provocar graves problemas de estabilidad y por lo tanto un cuidado especial a la hora de diseñar el posicionamiento de los inundadores de cubierta.

Las tuberías y las boquillas en los sistemas de Sprinklers deben estar distribuidas de forma regular a lo largo de la zona baja de la cubierta principal y en alguna de las cubiertas con almacenaje de coches para asegurar que toda la zona vertical y horizontal está cubierta de forma efectiva.

Las boquillas deben de poseer una perforación que den un caudal de 3.5 litros por minuto de cubierta para espacios sin exceder 2.5 metros de altura y 5 litros por minuto de zona de cubierta por debajo de 2.5 metros. El sistema debe normalmente ser capaz de cubrir el ancho total de la cubierta de vehículos y ser capaz de dividirlo en secciones de unos 20 metros de largo. En barcos donde la cubierta de vehículos esta subdividida en divisiones de la clase "A" entonces mejor se considerarán dos secciones longitudinales.

Las válvulas de distribución del sistema deben de estar situadas en una zona de fácil accesibilidad pero siempre fuera de la zona protegida para que no sea perjudicada en el caso de un incendio y estas no sean cortadas. La zona donde se coloquen las válvulas de distribución debe de estar adecuadamente ventilada y poseer un acceso directo desde la cubierta de vehículos y desde fuera de la misma.

### 1.3 Sistema de Agua Nebulizada

El sistema fijo de extinción de incendios por Agua Nebulizada está constituido básicamente por los elementos siguientes:

**1.3.1 Difusores Abiertos y Cerrados. Toberas que se montan en las cabezas, con variedad de caudales y tamaños de gota.**

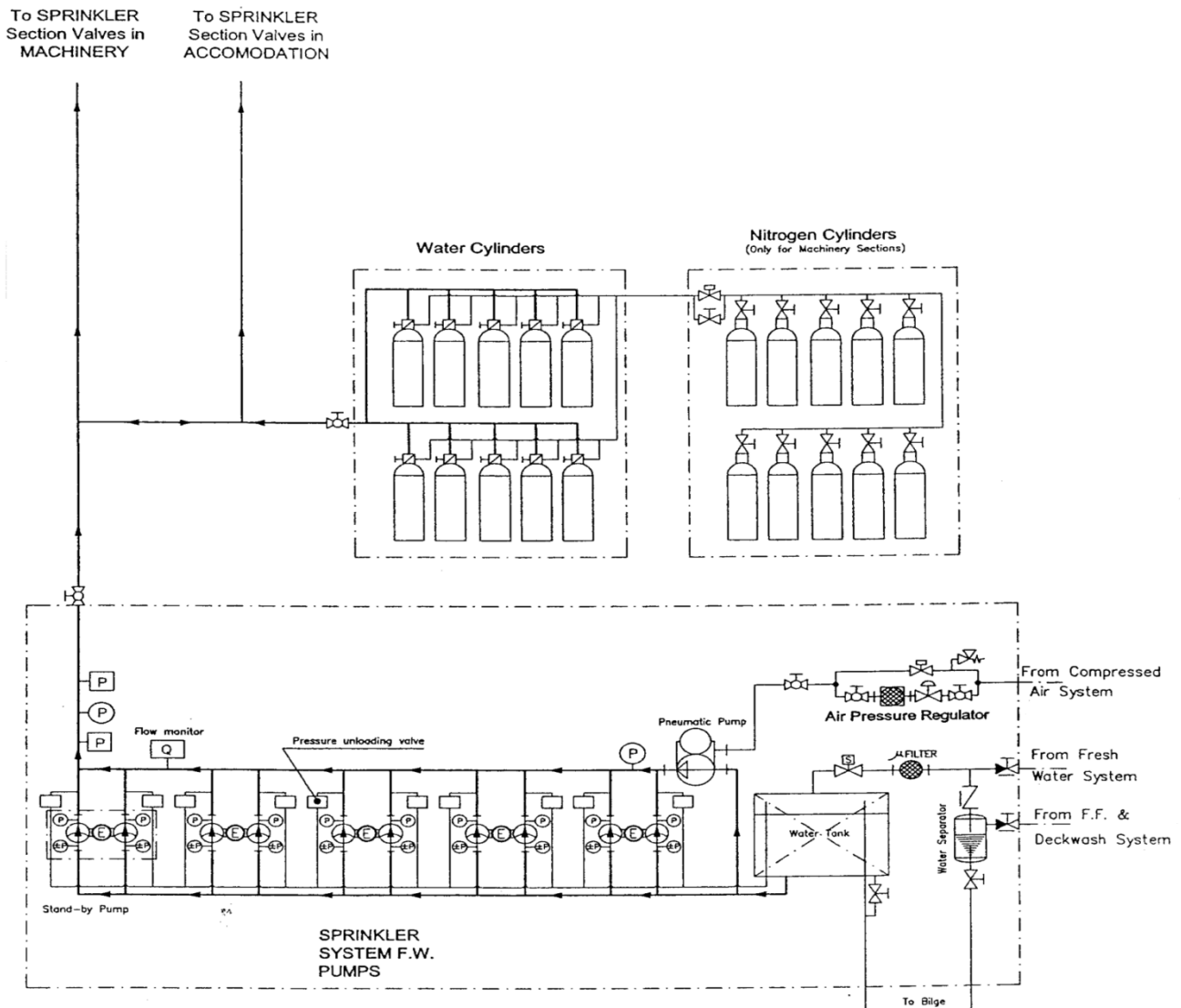
**1.3.2 Equipos de Bombeo, equipados para diferentes caudales.**





### 1.3.3 Botellas de Alta Presión.



### 1.3.4 Válvulas Direccionalles..



### 1.3.1 Difusores Abiertos y Difusores Cerrados.

En el caso de Difusores Abiertos, que se instalan 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.

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

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

Jockey o gas que mantenga la presión de las tuberías entre 20 y 30 bar.

### ***Difusores para Instalaciones Mojadas***

Difusores cerrados con bulbos térmicos (fusibles) que rompen y abren a diferentes temperaturas (57°, 68° y más), se instalan en tuberías húmedas y van equipadas con cuatro, cinco o siete toberas, en un ángulo de apertura de 90° y una cobertura de 12 m<sup>2</sup>, que se aplican en fuegos con subida rápida de la temperatura.

Según el tipo de toberas que se monten, se consiguen diferentes caudales.

### ***Difusores para Instalaciones Secas***

#### *Modelo General*

Difusores abiertos para su instalación en tubería seca, equipados con cuatro, cinco y siete toberas, con un ángulo de apertura de 90° y una cobertura de unos 12 m<sup>2</sup> diseñadas para aplicaciones generales. Según el tipo de toberas que se monten se consiguen diferentes caudales que se aplican según la carga de fuego. Normalmente desde 2.32 hasta 35.7 L/min.

#### *Modelo Pasillo*

Difusores abiertos para su instalación en tubería seca, equipados con tres y cinco toberas, alineadas con un ángulo de 180°, una cobertura de 4m lineales y 1,5 de ancho. Son especiales para pasillos entre estanterías y similares.

Según el tipo de toberas que se monten, se consiguen diferentes caudales, que se aplican según la carga de fuego. Normalmente desde 1.74 hasta 25,40 L/min.

#### *Modelo falso suelo*

Difusores abiertos para su instalación en tubería seca, equipados con cuatro toberas horizontales, con un ángulo de 180° y una cobertura de 12 m<sup>2</sup> especiales para falsos techos y falsos suelos.

Según el tipo de toberas que se monten, se consiguen diferentes caudales, que se aplican según la carga de fuego. Normalmente desde 2,32 L hasta 30,6 L/min.

#### *Modelo cocina*

Difusores abiertos para su instalación en tubería seca, equipados con una sola tobera, desarrollada para aplicaciones locales: motores, turbinas, cocinas, etc.



Su cobertura a 2 metros del objetivo presenta una circunferencia de medio metro de diámetro.

Según el tipo de tobera que se monte, se consiguen diferentes caudales que se aplican según la carga de fuego a proteger. Normalmente desde 0,58 hasta 5,08 L/min.

## **1.3.2 Equipos de Bombeo**

Las bombas más utilizadas en los sistemas de alta presión, son las bombas de pistones accionados por motores eléctricos y diesel.

Se disponen dos sistemas de bombeo:

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

### **Sistema seco:**

Sistema que se utiliza en instalaciones secas con difusores abiertos para inundación total, en cuyo caso, debe de ir precedida de un sistema de detección de incendios, que detecte el fuego en su primera fase y envíe la orden de arranque al grupo de bombeo.

Los componentes principales que conforman el grupo de bombeo son:

- Una o más bombas de pistones de alta presión.
- Motores eléctricos con la potencia necesaria en cada caso.
- Cuadro eléctrico de maniobras y control.
- Válvulas reguladoras de caudal y presión.
- Válvulas de seguridad, taradas adecuadamente por el fabricante.
- Válvula de prueba y corte.
- Instrumentación: latiguillos, colectores...etc.

### **Sistema Mojado:**

Sistema que se utiliza en instalaciones húmedas con difusores cerrados, provistas de bulbo-térmico (fusible) que rompe cuando alcanza una temperatura prefijada y permite la apertura automática de la cabeza.

Las tuberías de la instalación se mantienen permanentemente con agua a presión. Al abrir uno o más cabezales baja la presión y motiva el arranque automático del grupo de bombeo. Cuando el grupo lo compone más de una bomba, en principio se activa solo la primera y según vaya abriéndose más cabezas y demandando más caudal, irán arrancando las siguientes bombas.

En este caso no es necesario el sistema de detección, pues los propios bulbos-térmicos de las cabezas hacen de detectores, pero si la incorporación de una bomba Jockey que mantenga la presión de la instalación a los bares adecuados.



#### **1.3.3 Botellas de Alta Presión**

En este componente, 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 MIE.

La presurización se efectúa mediante gas N<sub>2</sub> y hay dos posibilidades:

1) Cuando se trata de proteger un espacio pequeño, el agua se almacena en un solo recipiente que no debe contener una cantidad de agua superior a los 2/3 de su capacidad, reservando el resto para la presurización con N<sub>2</sub> a 200 bar.

2) Cuando el tamaño del local demanda una cantidad mayor de agua, esta se contiene en varias botellas a presión atmosférica, que en el momento de disparo reciben una presurización de botellas cargadas con N<sub>2</sub> a 200 bar, dotadas con disparo automático y manual, manómetro,

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

presostato, transductor y otros complementos.

Ambas botellas (agua y N<sub>2</sub>) se presentan ensambladas en estructuras metálicas formando baterías que se completan con: Latiguillos de presurización, latiguillos de descarga, válvulas antiretorno y colector con brida de acoplamiento a la instalación.

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

#### 1.3.4 Válvulas

Cuando se tienen varios recintos a proteger y se estima que de producirse fuego lo hará en uno de ellos, pero no en ningún otro al mismo tiempo, puede reducirse la capacidad del depósito y caudal del grupo de bombeo, utilizando válvulas direccionables.

En estos casos se monta un colector de salida con tantas válvulas como recintos a proteger.

El cálculo de capacidad del depósito y caudal del grupo se hace para cubrir las necesidades del recinto mayor.

**Funcionamiento:** Cuando se recibe la alarma de fuego de uno de los recintos, se abre la válvula correspondiente al recinto en alarma y se arranca el grupo de bombeo, produciéndose la descarga solo en el recinto afectado.

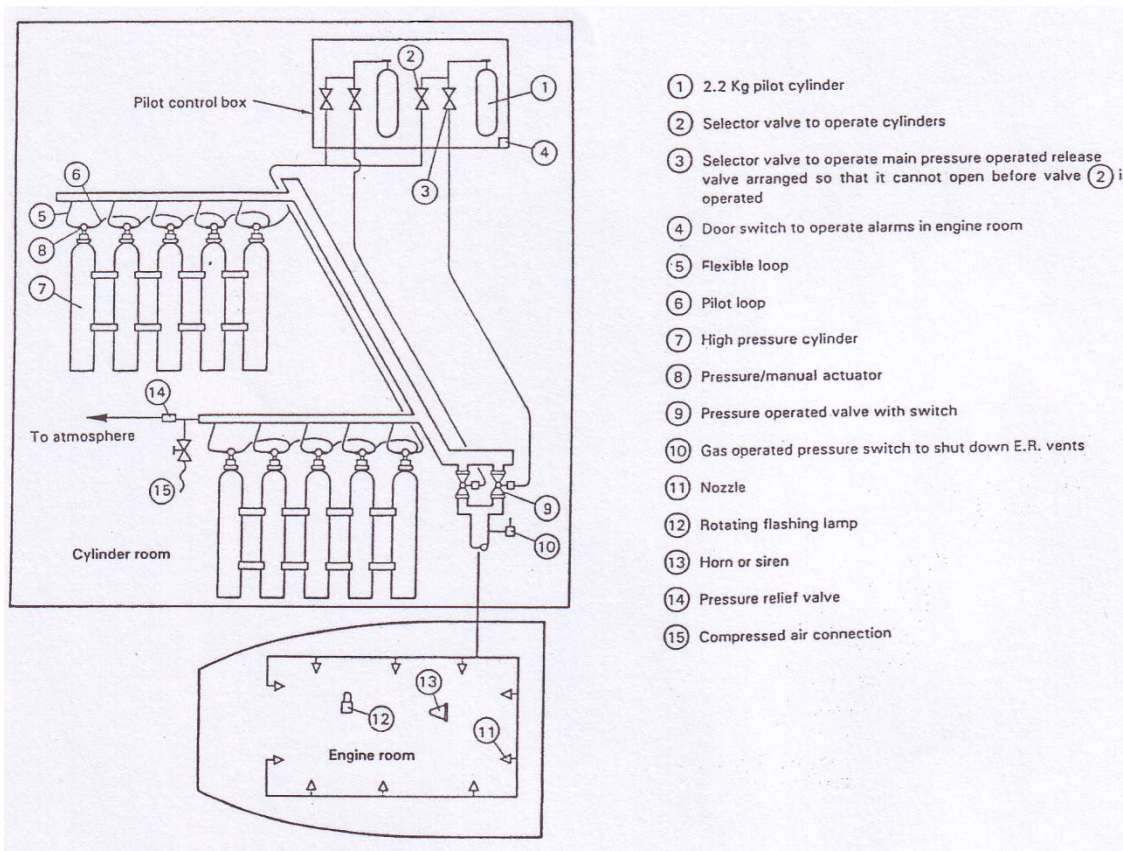
Normalmente se fabrican en acero inoxidable para alta presión con diferentes caudales, equipadas con solenoide de disparo, brida para fijación al colector, brida para conexión a la tubería de la instalación y un disparo manual

### 1.4 Sistema de Dióxido de Carbono

Hay dos sistemas básicos de CO<sub>2</sub> que va a depender del método de almacenamiento:

**1.4.1 Sistema de alta presión** (sistema muy similar al del sistema de alta presión del halón 1301) almacenados a temperatura ambiente en una serie de cilindros a una presión en la región de 48 a 55 bar.

**1.4.2 Sistema de baja presión** o sistema de almacenamiento de carga en el cual la carga es almacenada en uno o más tanques grandes y mantenidos a una presión de unos 20 bar mediante sistema de refrigeración.





- ① 2.2 Kg pilot cylinder
- ② Selector valve to operate cylinders
- ③ Selector valve to operate main pressure operated release valve arranged so that it cannot open before valve ② is operated
- ④ Door switch to operate alarms in engine room
- ⑤ Flexible loop
- ⑥ Pilot loop
- ⑦ High pressure cylinder
- ⑧ Pressure/manual actuator
- ⑨ Pressure operated valve with switch
- ⑩ Gas operated pressure switch to shut down E.R. vents
- ⑪ Nozzle
- ⑫ Rotating flashing lamp
- ⑬ Horn or siren
- ⑭ Pressure relief valve
- ⑮ Compressed air connection

### Sistema típico de CO<sub>2</sub>

En el caso del sistema de alta presión el CO<sub>2</sub> tiene que ser guardado en contenedores diseñados, contruidos y chequeados en acorde con B.S.5045 parte 1 o parte 2 o por otra sociedad nacional autorizada equivalente a la mencionada. En dichos contenedores se deberá de reflejar el peso cuando están en vacío y el peso cuando están llenos, el nombre del contenido, la presión de prueba, la fecha y el lugar de donde se hicieron las pruebas y el sello de la autoridad de testado. Las tuberías internas de syphon deberán de asegurar que el líquido de CO<sub>2</sub> será descargado desde los contenedores. La distancia de los mencionados tubos deberá de ser comprobada para asegurar que cuando estén colocados la distancia entre la parte final del tubo y la parte interior del fondo del cilindro no sea excesiva. La parte final del tubo deberá de ser cortada en ángulo de 45° y deberá de poseer un sistema de agarre de seguridad. Los contenedores serán montados y asegurados en estantes fabricados para este fin y conectados al sistema mediante mangueras flexibles.

En el caso del sistema de CO<sub>2</sub> de baja presión los tanques corresponderán a la clase 1 y estarán fabricados en acero y capaces de aguantar correctamente temperaturas que rondan los -20° y con presiones de unos 20 bar. El CO<sub>2</sub> deberá de ser mantenido a dicha temperatura mediante unidades de refrigeración. Dichos tanques deberán de poseer un grueso revestimiento para conservar la temperatura antes mencionada. Gracias a este revestimiento la velocidad de transferencia de calor será pequeña y en el caso de que falle la unidad de



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

refrigeración habrá un retraso considerable antes de que la presión de CO<sub>2</sub> produzca la entrada en funcionamiento de la válvula de seguridad. Incluso en verano donde las temperaturas son más altas tardará al menos 24 horas antes de que se produzca una pérdida seria de gas. Esto será una situación bastante desafortunada, en el caso de que ocurriera, ya que se dispone de un sistema doble de suministro de energía. Los tanques estarán provistos con elementos de auxilio y con sistemas de medición que averiguan la cantidad de CO<sub>2</sub> que almacena en cada momento. Una alarma actuará automática cuando se produzca una pérdida del 2% del contenido de los tanques. Tanto la alarma como una de las unidades de refrigeración deberán ser alimentadas por dos vías distintas y una de estas vías será mediante el sistema de suministro de energía de emergencia. La tubería de descarga deberá succionar CO<sub>2</sub> líquido desde el fondo del tanque. La válvula de desagüe deberá de ser una válvula con control de parada manual.

### 1.5 Sistemas de Halón

Los dos sistemas básicos de Halón están almacenados en forma de líquidos a temperatura normal en:

- a) Cilindros o esferas superpresurizadas con nitrógeno a 25.3 Kg/cm<sup>2</sup> o 42.2 Kg/cm<sup>2</sup> para asegurar una descarga rápida del halón.
- b) cargados en uno o más tanques almacenados a la presión de vapor.

La cantidad de halón requerido será calculado teniendo en cuenta lo siguiente:

	Concentración	Concentración
Zona de carga	Mínimo (5%)	Máximo (7%)
Sala de máquinas y cuarto de bombas	Mínimo (4.25%)	Máximo(7%)

$$W = \frac{v}{s} \left( \frac{c}{100 - c} \right)$$

Donde

W= Peso de halón en kilogramos

v= Volumen del espacio a proteger en metros cúbicos

s= el volumen específico en metros cúbicos por kilogramo.

c= concentración volumétrica expresada en porcentaje.

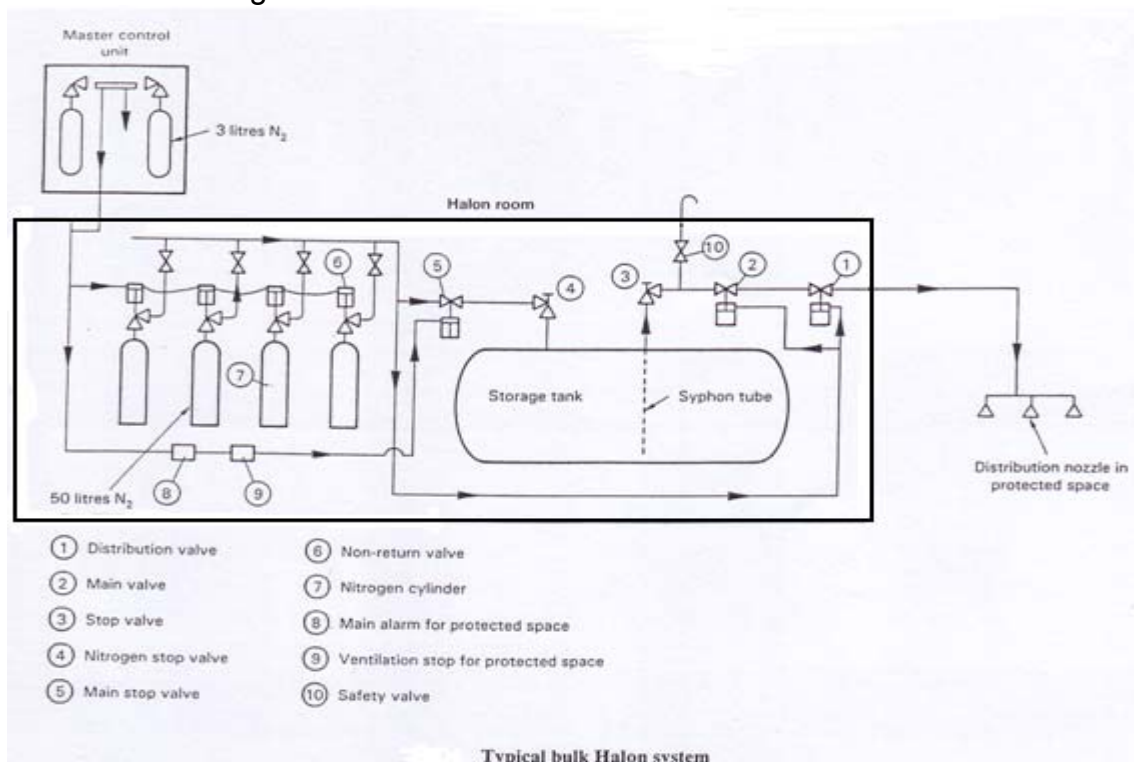


La descarga de halón dentro de espacios protegidos debería de llevarse a cabo en no más de 20 segundos excepto en locales con sistema de operación automático instalados en áreas cerradas con alto riesgo de incendio en el que hay salas de máquinas en los cuales el tiempo estimado no debe de superar los 10 segundos.

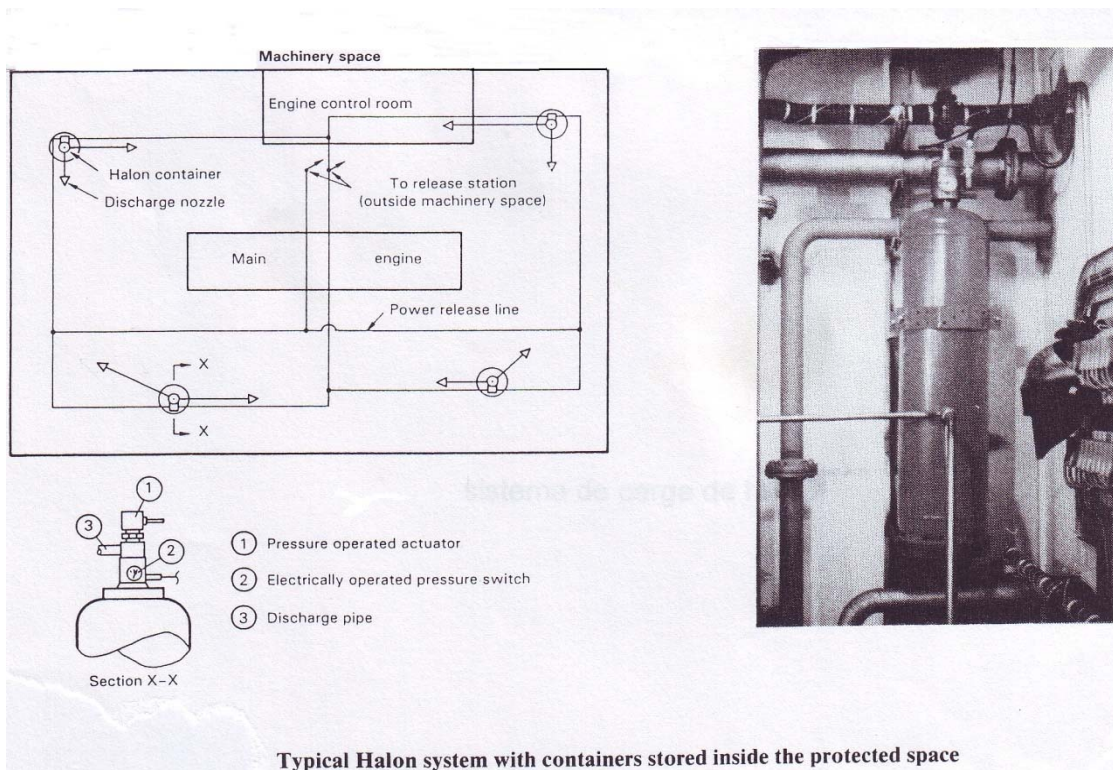
Debido a su rapidez de difusión las boquillas de difusión de gas no son necesarias en las zonas de sentinas.

El halón debe de ser almacenado en contenedores o tanques diseñados, construidos, probados y fabricados según BS 5045 parte 1 o 2, o por otra autoridad equivalente. En los mismos contenedores se debe de reflejar el peso cuando vacío y cuando lleno, el nombre del producto que contiene, la presión de testado, fecha y lugar donde se le hizo la prueba y el sello de la autoridad oficial que la hizo.

Los contenedores de alta presión localizados fuera de la zona protegida deben de ser almacenados en su correspondiente estante y conectados a un colector de escape mediante mangueras flexibles. Cada cabeza de cilindro deberá estar provista de una válvula que podrá ser activada neumáticamente o eléctricamente y cada válvula estará conectada al próximo cilindro mediante una manguera flexible o un cable eléctrico.



En el sistema de carga, la válvula principal y la de distribución deberán ser activadas mediante la liberación de la carga de nitrógeno.



## 1.6 Sistema de Espuma

Los Sistemas Fijos de Extinción de Incendios a base de Espuma deberán poder producir una espuma apropiada para extinguir incendios de hidrocarburos. El sistema de espuma de alta expansión será **utilizado en salas de máquinas** y en cuartos de bombas donde pueden ocurrir acumulaciones de aceites y derrame de estos. El sistema de espuma de baja expansión será utilizado en cubierta de barcos que carreen 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.

El Sistema Fijo de Espuma está compuesto de un suministro de agua, un suministro de espumógeno, un dosificador de agua-espumógeno, un generador de espuma y boquillas de descarga de espuma.



Los Sistemas Fijos de Espuma están contemplados en el Capítulo II-2, reglas 8,9,60,61 del SOLAS.

Los sistemas Fijos de Espuma estarán formados por:

1-**Circuito de Agua Contraincendios**, que puede ser suministrada por un depósito de agua o por sistemas de bombas.

2-**Depósito de Espumógeno**, que pueden ser atmosféricos o a presión.

3-**Elementos de Dosificación**: Dosificadores, Eyectores, Bombas de Inyección, Manómetros,

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

Válvulas...

La espuma final vendrá dada por la formula



Donde:

**Espumógeno:** líquido básico para formar las espumas, es un compuesto químico concentrado, que se mezcla fácilmente con el agua (se puede utilizar tanto agua dulce, como salada).

**Espumante:** mezcla del espumógeno, en una proporción adecuada ( en función del fabricante) con agua. Acción que realizaremos en un dosificador.

**Espuma:** Producto final una vez mezclado el espumante con el aire; esta mezcla se realiza en lanzas especiales o en generadores especiales para la formación de espumas, como ocurre con las de alta expansión.

**-Lanzas Autoaspirantes:** tubo cilíndrico o troncocónico, portátil o fijo, para generar espuma de baja y media expansión y lanzarla sobre el riesgo.



**-Dosificador:** por efecto Venturi, la aspiración del espumógeno se realiza en el mismo dosificador, debido a la acción de la corriente de agua que pasa a su través. El dosificador lleva una válvula selectiva que nos permite variar el caudal, obteniendo la mezcla adecuada conforme a las indicaciones del fabricante. Además éste dispone de una válvula anti retorno, que no permite retroceder al espumante. Cuando sea necesario, se dispondrá en el tramo más próximo a la lanza, es decir, a **no más de 15 metros** de ésta.

Debido a que los sistemas Venturi son muy sensibles a las presiones, el depósito del espumógeno no estará colocado a más de 1,80 m. de altura del dosificador.

La espuma debe ser golpeada contra un mamparo o pared y nunca directamente sobre el combustible; en caso de no existir estos, buscaremos cualquier saliente que nos permita lanzar la espuma sobre él. En caso de que el fuego se encuentre en el suelo, lanzaremos la espuma al suelo por delante del fuego. En caso de necesidad y como último recurso, podemos lanzar el chorro directamente al centro del depósito, pero hay que tener en cuenta que el rendimiento será **una tercera parte** menor que si realizamos cualquiera de los dos métodos anteriores.

**-Generadores de Media Expansión:** Están formados por un pequeño tubo abierto que por un extremo lleva una conexión para la tubería o manguera; en el interior del tubo van incorporados unos orificios de forma helicoidal que hacen aumentar la turbulencia para una buena mezcla del espumante, en el tubo puede ir incorporado un manómetro para controlar la presión del espumante.

La mezcla del aire se realiza a la salida del tubo por turbulencia. La carcasa lleva una red

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

metálica que obliga a chocar el espumante con dicha red, hace incorporar aire y se forma la espuma. En el supuesto de que la carcasa no llevara la red metálica la expansión bajaría.

Las lanzas de media expansión tiene menos alcance que las de baja expansión, y como son manejables y con poco retrocesos pueden ser manipuladas por un solo operario e incluso depositarlas en el suelo.

**-Generadores de Alta Expansión:** pueden estar fijos en los lugares en los que se desea dar protección, pero también **pueden ser móviles**, siendo necesarias, dependiendo del tamaño, de una o varias personas para su transporte. Su peso aproximado es de unos **60 kilos**.

El armazón del aparato tiene forma más o menos paralelepípeda, teniendo incorporado en una cara lateral:

- Un manómetro.
- Orificio de entrada con acople.
- Orificio de salida para el agua sobrante.
- Tubo de aspiración para el espumógeno.
- Asas para transporte.

**-Coeficiente de Expansión:** es la relación entre el volumen final de la espuma obtenida y el volumen original del espumante que la produce. Su valor numérico coincide con el inverso de la densidad específica de la espuma.

Dentro de los sistemas de espumas podemos encontrar **3 tipos** distintos:

- 1.6.1 Sistema de Espuma de Alta Expansión.**
- 1.6.2 Sistema de Espuma de Baja Expansión.**
- 1.6.3 Sistema de Espuma de Media Expansión.**



La espuma se denomina de baja expansión cuando los valores de su coeficiente de expansión están comprendidos entre 3 y 30; de media expansión para valores de 30 a 250, y de alta expansión para valores de 250 a 1000.

#### **1.6.1 Sistema de Espuma de Alta Expansión:**

Los concentrados de espuma de los sistemas de extinción de incendios a base de Espuma de Alta expansión serán aprobados por la Administración teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la organización.

En estos sistemas se contarán 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 m<sup>2</sup> entonces serán necesarios al menos dos generadores de espuma. La concentración de espuma tiene que ser la suficiente como para cubrir 5 veces el espacio más grande a proteger. El radio de expansión de la espuma no debe de exceder 1000 a 1.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

La Administración podrá autorizar instalaciones y regímenes de descarga distintos si estima que proporcionan un grado de protección equivalente.

Los conductos de descarga de espuma, las tomas de aire del generador de espuma y el número de unidades productoras de espuma serán tales que, a juicio de la Administración, aseguren una producción y distribución eficaces de la espuma.

La disposición de los conductos de descarga de espuma del generador 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.

El suministro de agua se realizará desde una fuente que estará fuera de la zona protegida y esta zona podría ser desde la bomba de emergencia de contraincendios cuya capacidad debe ser suficiente para satisfacer la demanda del sistema de espuma y de dos hidrantes (25 m<sup>3</sup>/h.) a la presión requerida.



La espuma a alta presión no fluirá a presión mucho más superior a la atmosférica y se deberá de planear para que ventile el espacio protegido mientras este es llenado de espuma.

### **1.6.2 Sistema de Espuma de 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. Estas espumas actúan de la siguiente forma:

- Impiden el contacto del combustible con los vapores inflamables.
- Impiden que se liberen vapores inflamables.
- Separan las llamas del combustible.

Debido a que las espumas contienen un alto porcentaje de agua, actúan enfriando y

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

absorbiendo el calor del combustible y enfrían las estructuras colindantes.

Una buena espuma de baja expansión debe tener:

- Buena fluidez para cubrir rápidamente la superficie.
- Debe tener buena adhesión.
- Buena resistencia al calor.
- No descomponerse con el combustible.
- Buena flexibilidad.
- Pesar lo suficiente para no dispersarse con el viento.
- Burbujas pequeñas y que no se rompa con facilidad.

Como el agua es más densa que los líquidos inflamables y no se mezcla con estos, se va al fondo, quedando la espuma sobre el combustible.

La espuma de baja expansión puede ser **formada de dos maneras:**

**-En Lanzas autoaspirantes.**

**-En Dosificadores.**

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.

Hay dos métodos distintos de aplicación:

a) la solución de espuma (por ejemplo un concentrado de espuma con agua añadida) ha de ser formada en un cuarto de control de espuma localizado a popa de la zona de carga de tanques adyacente a los espacios de alojamiento en una posición que pueda ser defendible en el caso de un fuego en los espacios o áreas protegidas por el sistema. El cuarto de la espuma tiene que contener el suministro de concentración de espuma, los equipos de control y los auxiliares. La solución de espuma puede ser formada de **varias formas** distintas:

i) La bomba de espuma y la bomba principal de agua mandan la espuma y el agua a un proporcionador o eductor el cual dará la proporción correcta. El **proporcionador**, el cual produce un **efecto venturi** y trabaja de forma similar a la de un carburador, deberá de proporcionar un ajuste milimétrico de la mezcla y regulación en función de las condiciones de suministro.





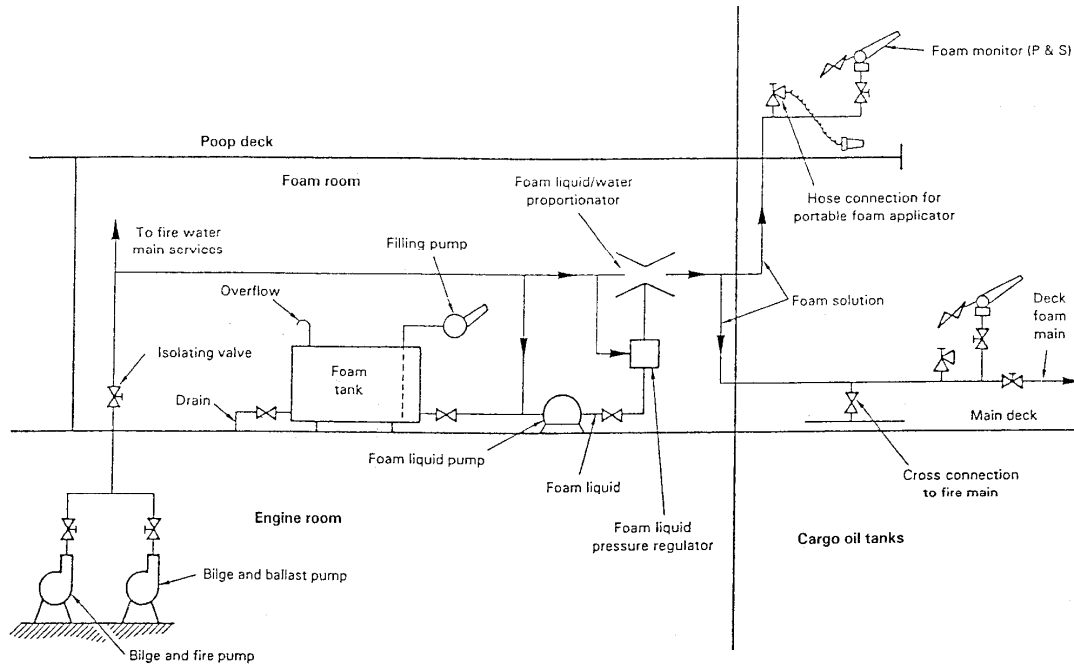
**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimientos de Diseño**



**E.U.I.T.N.**

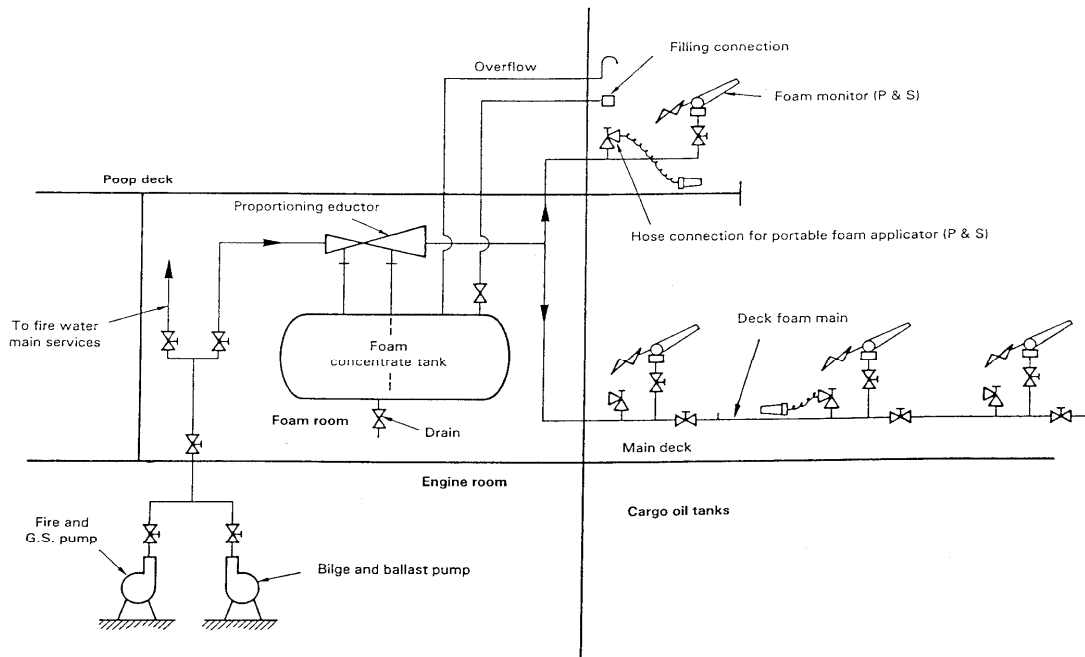
**Sistemas de Contraincendios en los Buques**

**Octubre 2008**



Typical deck foam fire extinguishing system with proportionator

ii) El suministro de agua procedente de la bomba principal de contraincendios absorbe la solución de espuma desde el tanque de espuma a través del **eductor** antes de mandar la solución de espuma al sistema principal de espuma.



Typical deck foam fire extinguishing system with proportioning eductor

El concentrado de espuma es transportado a través de tuberías a los hidrantes en diversos



## Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño



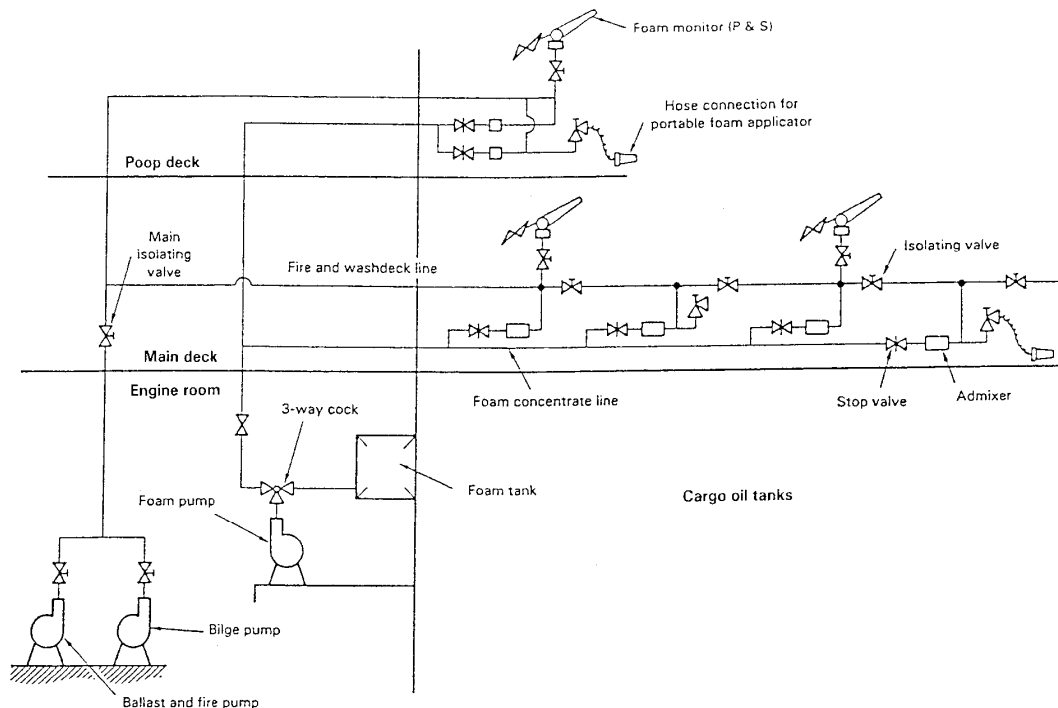
E.U.I.T.N.

Sistemas de Contraincendios en los Buques

Octubre 2008



intervalos a lo largo de la cubierta de tanques. El aire es inducido por la eyección de la espuma hacia los contenedores, o de forma manual, donde la expansión se produce y la espuma aireada se proyecta. El sistema principal de espuma no debe de ser utilizado para otro propósito. Válvulas de aislamiento deberán de ser conectadas en el sistema principal de espuma justo después de cada controlador. Una conexión cruzada al principal sistema de contraincendios con una válvula de aislamiento deberá de ser instalada.

b) La concentración de espuma está guardada en el cuarto principal de control de espuma de donde se manda a los controles y los hidrantes a través de unas tuberías con diámetro pequeño donde se mezcla con agua que proviene del sistema principal de contraincendios, el aire es inducido, la expansión se produce y la espuma aireada se proyecta. Válvulas de aislamiento deben de ser montadas en el sistema principal de contraincendios inmediatamente después de cada punto de control.



Typical deck foam fire extinguishing system with admixer

El sistema de espuma en cubierta y el sistema principal de contraincendios deben de ser capaces de funcionar simultáneamente con el fin de que el bombero o bomberos que estén actuando en un fuego utilizando el sistema de espuma puedan ser refrigerados con agua pulverizada a través de una manguera con una boquilla. 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.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

**El caudal de agua de suministro nunca será menor a:**

i) 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.

ii) 6 litros/minuto por metro cuadrado del área de sección horizontal de un tanque unidad con la mayor longitud.

iii) 3 litros/minuto por metro cuadrado del área protegida por el control más grande, dicha área que está por delante del control, pero no menos de 1250 litros/minuto.

Suficiente concentración de espuma por encima de su caudal se suministrará al menos 20 minutos para tanques que están alimentados con un sistema de gas inerte y 30 minutos en tanques que no están alimentados con gas inerte. El radio de expansión de la espuma no debería exceder de 12 a 1.

El sistema podrá descargar a través de orificios fijos de descarga, en no más de 5 minutos, una cantidad de espuma suficiente para cubrir con una capa de 150 mm de espesor la mayor de las superficies en que haya riesgo de que se derrame combustible líquido.

El número de controles provistos y su posición debe de ser tal que asegure que la espuma puede ser mandada a cualquier parte de la zona de tanques de carga de la cubierta. **No habrá menos de cuatro aplicadores.** Suficientes hidrantes de espuma deben de suministrarse para asegurar que la espuma que proviene de al menos dos aplicadores puedan direccionarse hacia cualquier parte de la zona de cubierta de tanques de carga.

Los aplicadores pueden reemplazar a controles en barcos de menos de 4000 toneladas de peso muerto. La capacidad de cada aplicador debe de ser de al menos el 25 por ciento del caudal de solución de espuma requerida por los dos casos anteriores.



**1.6.3 Sistema de Espuma de Media Expansión**

Este sistema de espuma tiene un radio de expansión de entre 50 a 1 hasta 150 a 1. Este sistema de espuma se suele utilizar en buques de uso doméstico de los del tipo que se utilizan en los países de la zona del este.

Este tipo en el caso de ser requerido deberá de ser propuesto y considerado de forma especial y será necesaria una prueba de demostración para comprobar que tiene capacidad suficiente para cubrir dicha situación.

***Sistemas Fijos a base de Espuma instalados en Cubierta***

Los dispositivos de suministro de espuma podrán lanzar espuma sobre toda la superficie de la cubierta correspondiente a los tanques de carga, así como al interior de cualquiera de los tanques de carga cuya cubierta haya sufrido daños.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

El sistema de espuma instalado en cubierta podrá utilizarse fácilmente y con rapidez.

En funcionamiento, el régimen prescrito del sistema a base de espuma instalado en cubierta permitirá la utilización simultánea del número mínimo requerido de chorros de agua proporcionados por el colector contra incendios, a la presión prescrita.

El régimen de suministro de solución espumosa no será inferior al mayor de los valores siguientes:

-0.6 l/min. por m<sup>2</sup> de la superficie de cubierta correspondiente a los tanques de carga, entendiéndose por superficie de cubierta correspondiente a los tanques de carga la manga máxima del buque multiplicada por la longitud total de los espacios destinados a los tanques de carga

-6 l/min por m<sup>2</sup> de la superficie horizontal del tanque que tenga la sección horizontal de mayor área, o



-3 l/min por m<sup>2</sup> de la superficie protegida por el mayor cañón lanzados, encontrándose toda esa superficie a proa de dicho cañón, y sin que la descarga pueda ser inferior a 1.250 l/min.

Se suministrará concentrado de espuma en cantidad suficiente para asegurar que, como mínimo, se produzca espuma durante 20 min. en los buques tanque provistos de un sistema de gas inerte, o durante 30 min. en los buques tanque que no estén provistos de dicho sistema. La **Relación de expansión** de espuma (es decir, la **relación entre el volumen de la espuma producida y el volumen de la mezcla de agua y concentrado espumógeno suministrada**) no excederá en general de 12 a 1. Cuando los sistemas produzcan esencialmente espuma de baja expansión, pero con una relación de expansión ligeramente superior a la de 12 a 1, la cantidad de solución espumosa disponible se calculará como si se refiriera a utilizar en sistemas con una relación de expansión de 12 a 1. Si se emplea una relación media de expansión de espuma (entre 50 a 1 y 150 a 1), el régimen de aplicación de la espuma y la capacidad de la instalación de cañones lanzadores serán satisfactorios a juicio de la Administración.

El puesto principal de control del sistema estará en una posición convenientemente situada fuera de la zona de carga y adyacente a los espacios de alojamiento, y se podrá acceder a él y hacerlo funcionar fácilmente si se declara un incendio en las zonas protegidas.

## 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.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.1 Mangueras y Boquillas

### 2.2 Cañones y lanzaespumas

## 2.1 Mangueras y boquillas

Las mangueras de contraincendios deben de ser fabricadas de un material específico que no se descompone, de los cuales se disponen varios tipos, el tipo más común está construido en textil sintético trenzado cubierto de goma con P.V.C. Estas mangueras son muy resistentes; a las cuales no les afecta los aceites, la mayoría de los productos químicos, el moho y las temperaturas extremas. Estos modelos están muy mejorados respecto a los modelos anteriores a las cuales les afectaba mucho el moho, especialmente si no se secaban correctamente después de cada uso.





Las mangueras deben de tener un largo no inferior a 10 metros, la longitud más utilizada es la de 12 metros en lugares con maquinarias, nunca siendo superior a 15 metros. Nunca serán superiores a 20 metros en otros espacios y en cubiertas abiertas. En el caso de buques que tengan una cubierta abierta superior a 30 metros de manga se podrán utilizar mangueras como máximo de 25 metros.

Las líneas de mangueras hoy en día son de un diámetro de 1 pulgada y media y 1 pulgada y 3 cuartos que son mas maniobrables que las antiguas que solían ser de 2 pulgadas y media, estas nuevas dan el mismo caudal que las anteriores y por lo tanto al poseer un diámetro más pequeño son mucho más manejables.

En buques de pasajeros tiene que haber 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

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

forma permanente.

En los buques de carga con peso total superior a 1000 G toneladas tiene que haber **1 manguera por cada 30 metros de la eslora del barco, 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. En los buques de carga cuyo peso total está entre 500 y 1000 G toneladas estarán equipados con un número de mangueras apropiado a las condiciones locales.

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

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

Estas mangueras están construidas de goma, reforzadas exteriormente por dos capas de lona de algodón sin costura. En cada uno de sus extremos llevan acoplamientos macho y hembra respectivamente. El acoplamiento hembra va provisto de frisas de goma. Los acoplamientos van roscados.

Las mangueras van unidas a sus acoplamientos por medio de unos casquillos de latón, convenientemente expansionados por medio de un mandril especial.

La presión de prueba de estas mangueras es de 400 Lbs/pulg<sup>2</sup> (aproximadamente igual a 28Kgs/cm<sup>2</sup>).

Las mangueras de contraincendios tienen diversas aplicaciones a bordo, siendo alguna de ellas las siguientes:

### **Mangueras de 1,5" □**



-Para extinción de incendios conectándolas por su extremo hembra a filtros de autolimpieza de 1,5", que a su vez van conectados a los boquiles en este diámetro del colector de Contraincendios.

-Para extinción de incendios, conectándola por su extremo hembra al orificio de descarga de la bomba.

-Para puentear secciones averiadas del colector de contraincendios conectándolas a boquiles de 1,5" de diámetro del colector que se encuentre a ambos extremos de la sección averiada.

-Para alimentar el colector de contraincendios por medio de bombas auxiliares en caso de que la presión de dicho colector no pueda ser mantenida por las bombas de contraincendios instaladas en el buque.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

## Mangueras de 1,75" □

-Para extinción de incendios, conectándolas por su extremo hembra a los boquiles de alimentación de eyectores portátiles desde el colector de contraincendios.

-Para alimentación de eyectores portátiles, desde los boquiles de 1,75" de diámetro, del colector de contraincendios.

-Para descargar de las bombas eléctricas sumergibles.

-Para puentear secciones averiadas del colector de contraincendios conectándolas a los boquiles de 1,75" de este colector.

## 2.2 Cañones y Lanzaespumas

La espuma procedente del sistema será proyectada por Cañones y Lanzaespumas. Cada uno de los **cañones** podrá abastecer el 50 % como mínimo del caudal correspondiente a los regímenes señalados anteriormente (0.6 l/min. de la superficie de cubierta correspondiente a los tanques de carga y 6 l/min. por m<sup>2</sup> de la superficie horizontal del tanque que tenga la sección horizontal del mayor área). En buques tanque de peso muerto inferior a 4000, la Administración podrá no exigir instalaciones de cañones y aceptar lanzaespumas únicamente. Sin embargo, en este caso, cada lanzaespuma tendrá una capacidad equivalente al 25 % por lo menos de los regímenes de suministro señalados anteriormente entre paréntesis.



La capacidad de un **cañón** será, como mínimo, de **3 l/min.** de solución espumosa por m<sup>2</sup> de superficie de la cubierta protegida por el cañón de que se trate, encontrándose toda esa superficie a proa de dicho cañón. Dicha capacidad no será inferior a 1.250 l/min.

La capacidad de un lanzaespuma no será inferior a 400 l/min., y su alcance, con el aire totalmente en reposo, no será inferior a 15 m.

El número y el emplazamiento de los cañones cumplirán lo dispuesto en el paréntesis anterior. La distancia desde el cañón hasta el extremo más alejado de la zona protegida por delante del mismo no será superior al 75 % del alcance del cañón con aire totalmente en reposo.

Se instalarán un cañón y una conexión de manguera para el lanzaespuma a babor y a estribor, en la fachada de la toldilla o de los espacios de alojamiento encarados a la cubierta correspondiente a los tanques de carga. En los buques tanque de peso muerto inferior a 4000 se instalará una conexión de manguera para el lanzaespuma a babor y a estribor de la fachada de la toldilla o de los espacios de alojamiento que den a la cubierta correspondiente a los tanques de carga.

**Lanzaespumas:** Se proveerán como mínimo cuatro lanzaespumas. El número y el emplazamiento de los orificios de descarga del colector de espuma serán tales que al menos con dos de los lanzaespumas se pueda dirigir la espuma hacia cualquier parte de la superficie

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

de la cubierta correspondiente a los tanques de carga.

Los lanzaespumas estarán dispuestos de modo que aseguren flexibilidad de las operaciones de lucha contra incendios y cubran las zonas que no pueden alcanzar los cañones.

**Válvulas de Aislamiento:** Se instalarán válvulas en el colector de espuma, así como en el colector contra incendios cuando éste sea parte integrante del sistema a base de espuma instalado en cubierta, inmediatamente delante de cada cañón, a fin de poder aislar cualquier sección averiada de dichos colectores.

## 2.3 Lanzas

Son unos elementos que se colocan en un extremo de la manguera y nos permiten enviar agua o espuma a distancias considerables y en la dirección que deseamos, obteniendo una cierta protección cara al fuego.





Normalmente están fabricados de fibras sintéticas y caucho, son resistentes a la abrasión y aguantan presiones elevadas.

Nombraremos principalmente tres modelos o tipos distintos:

-Lanza de Chorro Sólido: tiene forma cilíndrica, solo nos permite usar el chorro sólido. Su uso está limitado al de refrigerar las estructuras, no debiéndose usar directamente sobre el fuego. Actualmente en desuso ya que puede ser peligroso para la persona que la maneja.

-Tipo Europeo o Marina: conocido también como lanza de cuatro efectos, consta de chorro sólido, turbulencia interna, válvula de cierra y cortina de agua.

-Tipo Americano: tiene al igual que el anterior cuatro efectos, pero tienen como factor ventaja

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

en que son de menor tamaño, por lo tanto son de menor peso y de fácil manejo y tampoco necesitan pasar por la posición de cierre para cambiar de chorro a cortina. Son de cauda constante.

### 3. EXTINTORES PORTÁTILES DE CONTRAINCENDIOS

Los Extintores Portátiles serán utilizados en primera estancia a la hora de combatir un fuego y serán utilizados por una persona. No podemos pedir de ellos que reduzcan un fuego de grandes dimensiones ya que estos tienen una capacidad limitada.

El contenido del extintor debe de ser acorde al tipo de fuego que vamos a sofocar. En la tabla siguiente podemos relacionar el tipo de fuego con el tipo de extintor que debemos de utilizar dependiendo del caso:

<b>Fire class</b>	<b>Fire hazard</b>	<b>Extinguishing media</b>
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

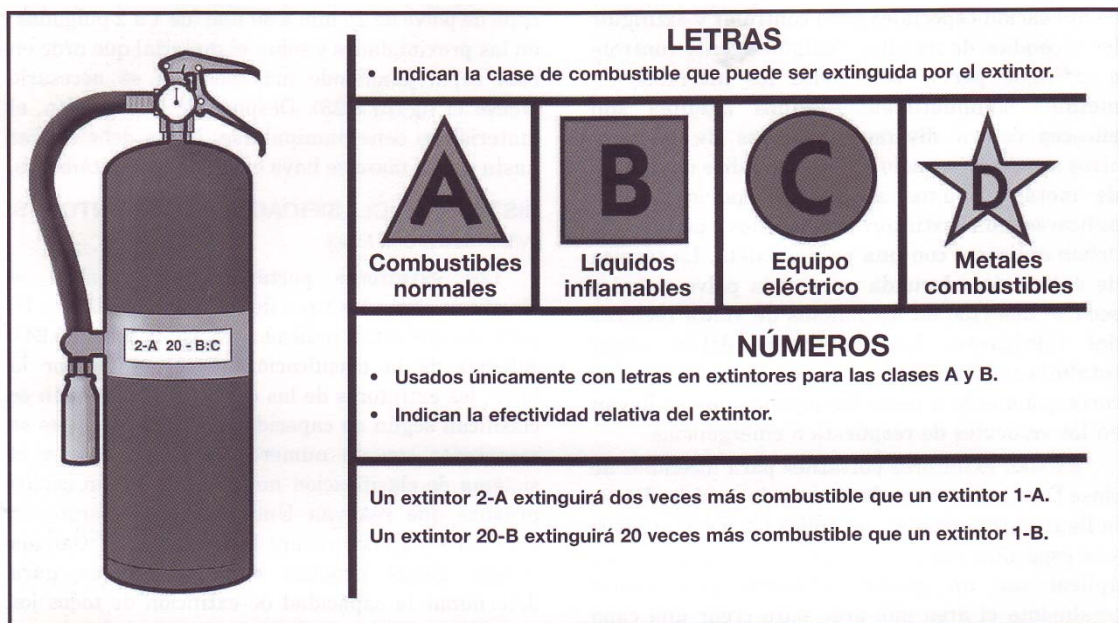
#### 3.1 Sistema de Clasificación de los Extintores

Los extintores portátiles de incendio se clasifican según los tipos de incendios (A, B, C o D) para los que están indicados. Además de la clasificación representada por la letra, los extintores de las clases A y B también se clasifican según su capacidad de actuación, que se representa con un número. La clasificación y el sistema de clasificación numérica se basan en las pruebas que realizan Underwriters Laboratories Inc. (UL) y Underwriters Laboratories of Canadá (ULC). Estas pruebas están diseñadas para determinar la capacidad de extinción de

todos los tamaños y tipos de extintor.

Los extintores deben de ser aprobados por las sociedades de clasificación.

En el caso de zonas donde haya maquinarias que operen a un voltaje superior a 1 Kv habrá que probar que los extintores son adecuados para tal caso.





Los extintores se clasifican según su uso.

### 3.1.1 Clasificación de Clase A

Los extintores portátiles de incendio de clase A están clasificados del 1-A al 40-A. La clasificación de clase A de los extintores de agua se basa principalmente en la cantidad de agente extintor y en la duración y alcance de descarga utilizados en las pruebas de extinción de incendios. Para una clasificación 1-A, se requieren 5 L (1,25 galones) de agua. Una clasificación A-2 requiere 10 L (2,5 galones).

### 3.1.2 Clasificación de Clase B

Los extintores adecuados para los incendios de clase B se clasifican de forma numérica que va del 1-B hasta 640-B. La clasificación se basa en el área de metros cuadrados (pies cuadrados) de un incendio de líquido inflamable que un operario inexperto pueda extinguir. Se espera que el operario inexperto pueda extinguir 0.09 m<sup>2</sup> (1 pie cuadrado) para cada clasificación o valor numérico de la clasificación de extintores.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 3.1.3 Clasificación de Clase C

No existen pruebas de capacidad extintora específica para las clasificaciones de clase C. Los extintores que se utilizan para los incendios de clase C reciben la clasificación de una letra, ya que los incendios de clase C son básicamente incendios de clase A o B que entran en combustión con equipos eléctricos conectados a la red de suministro energético. Se prueba la no conductividad del agente de extinción. La extinción no es un conductor eléctrico. Ésta se asigna también a las clasificaciones de los incendios de clase A, B o ambas.

### 3.1.4 Clasificación de Clase D

Los incendios de prueba para establecer las clasificaciones de clase D varían según el tipo de metal combustible que se prueba. Se consideran los siguientes factores durante cada prueba:

- Reacciones entre el metal y el agente.
- Toxicidad de las emanaciones producidas y de los productos de combustión.
- Tiempo que arde el metal sin esfuerzos de supresión del incendio en comparación con el tiempo de extinción.

Cuando se especifica que un agente de extinción es seguro y efectivo para su uso en un metal combustible, se incluyen los datos de instrucción en la etiqueta del extintor, aunque no se da ninguna clasificación numérica. Los agentes de clase D no tienen una clasificación con propósitos múltiples para su uso en otras clases de incendio.

### 3.1.5 Múltiples Señales

Los extintores adecuados para más de una clase de incendio se identifican con combinaciones de letras A, B y/o C u otros símbolos para cada clase. Las tres combinaciones más habituales son clase A-B-C y clase B-C. Todos los extintores que no estén etiquetados adecuadamente no se registran como unidad y no deben utilizarse a bordo.

Las clasificaciones para cada clase individual de extintor son independientes y no se afectan mutuamente. Para comprender mejor el sistema de clasificación, se puede revisar un extintor de tamaño normal, como el extintor multipropósito clasificado como 4-A 20-B:C. Este extintor debe extinguir un incendio de clase A 4 veces mayor que un incendio 1-A; debe extinguir aproximadamente 20 veces más un incendio de clase B que un extintor 1-B y extinguir incendios de un líquido inflamable de capa profunda de un área de 2 m<sup>2</sup> (20 pies cuadrados). También es seguro utilizarlo en incendios donde entran en combustión equipos eléctricos conectados a la red de suministro de corriente.

Existen dos tipos de sistemas de etiquetado de extintores portátiles de incendios. Uno utiliza formas geométricas de colores específicos con la letra de clase que se muestra en la forma.

El otro sistema, recomendado actualmente por el NFPA 10, utiliza pictogramas para seleccionar más fácilmente los extintores de incendios más adecuados. Este sistema también muestra los tipos de incendios sobre los cuales no debe utilizarse el extintor. Es importante que



las señales se vean con claridad, independientemente del sistema utilizado.

			<b>Adecuado para los incendios de clases B y C, pero no para incendios de clase A</b>
			<b>Adecuado para los incendios de la clase A, pero no es adecuado para los incendios de clase B y C</b>
			<b>Adecuado para los incendios de las clases A y B, pero no para los incendios de clase C</b>

Pictogramas que muestran las clases de incendio para las que un extintor no es adecuado.

Hay que seleccionar los extintores que minimizan el riesgo para la vida y los bienes a bordo, pero que son efectivos para extinguir el incendio. No es sensato utilizar extintores de polvo químico seco con un agente corrosivo en áreas con equipo informático sensible. Los residuos que dejan cuando se utilizan podrían dañar el equipo electrónico aún más que el incendio. En estas áreas específicas, los extintores de CO<sub>2</sub> son elecciones mejores.

## 3.2 Tipos de Extintores Portátiles

### 3.2.1 Extintor Portátil de Dióxido de Carbono

Los extintores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no se encontrarán en las zonas de estancia de personal. Los extintores de CO<sub>2</sub> son efectivos para extinguir incendios de clase B y C. Debido a que la descarga es en estado gaseoso, tienen un alcance limitado. No requieren protección anticongelante.





**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimientos de Diseño**



**E.U.I.T.N.**

**Sistemas de Contraincendios en los Buques**

**Octubre 2008**





El dióxido de carbono se almacena bajo su propia presión como un gas comprimido licuado preparado para liberarse en cualquier momento. El agente se descarga mediante una boquilla de plástico o goma en forma de cono (Bocina) situada al final de una manguera corta o de un tubo. La descarga gaseosa va acompañada normalmente de pequeños cristales de hielo o “nieve” de dióxido de carbono. Esta nieve sublima, pasa a estado gaseoso, poco después de su descarga. Al liberarse, el dióxido de carbono gaseoso desplaza el oxígeno presente y apaga el fuego. El CO<sub>2</sub> produce capas no supresoras de vapor en la superficie del combustible, por lo que la reignición del combustible sigue siendo un peligro.

Este tipo de extintores estarán formados por diferentes componentes, los cuales son:

- Cilindro de Acero (fabricado a prueba de golpes)
- Válvula de Gatillo
- Tubo de Goma
- Bocina

Son extintores con unas dimensiones mayores a los de agua y a los de polvo seco. La capacidad del cilindro es de 15 lb de CO<sub>2</sub> o lo que es lo mismo sobre 6,8 Kg. El CO<sub>2</sub> se

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

introduce en los cilindros a una presión de 850 lb/pulg<sup>2</sup> (59,8 Kg/cm<sup>2</sup>) a temperatura ambiente. Al someterse a esta presión, el CO<sub>2</sub> pasa a estado líquido. Cuando el cilindro está completamente cargado, 2 terceras partes están llenas con CO<sub>2</sub> en estado líquido y la otra parte CO<sub>2</sub> en estado gaseoso. En las pruebas se someterán a los mismos a una presión de 3000 lb/pulg<sup>2</sup> (210,9 kg/cm<sup>2</sup>).

Oprimiendo el gatillo de la válvula se efectuará la salida del gas al exterior. En el cuerpo de la válvula de gatillo, va instalada una válvula de seguridad cuyo objeto es el permitir la salida del gas contenido en el cilindro, cuando por defecto de la temperatura ambiente, la presión de dicho gas llega a ser de 2700 lb/pulg<sup>2</sup> (189,8 Kg/cm<sup>2</sup>) con lo cual se evita el peligro de explosión del cilindro. En el cuerpo de la válvula de gatillo va grabado un rótulo indicativo del peso del extintor tanto lleno como vacío.

El tubo de goma va roscado a la válvula de gatillo, permitiendo la descarga al exterior del CO<sub>2</sub>, y está constituido de goma, lona y rejilla de alambre de cobre, llevando conexiones de neopreno. La presión de prueba es 2500 lb/pulg<sup>2</sup>.

La válvula de gatillo va roscada al cuello del cilindro y su objetivo es el de permitir la salida del CO<sub>2</sub> a través de un tubo sifón de bronce, que llega hasta la base del cilindro.

La bocina es de plástico. Está roscada al tubo de goma, permitiendo la expansión de CO<sub>2</sub> en forma de cono para poder aplicarlo eficazmente contra el incendio.

Gracias a que el CO<sub>2</sub> no es conductor de la electricidad ni es corrosivo, este tipo de extintores son adecuados para la extinción de incendios incipientes de cualquier clase, pero su uso está especialmente **recomendado** para incendios de **equipos eléctricos**.

### 3.2.2 Extintores Portátiles de Agua

Respecto a este tipo de extintores decir que no son muy utilizados en los buques. El agente extintor es el agua que actúa sobre el calor o energía enfriando y no permitiendo el desprendimiento de vapores inflamables.

Se aplica principalmente en los fuegos de clase A. Pero tienen el gran inconveniente de que son peligrosos en los fuegos de la clase D e intolerantes en los de la clase B y C.



## Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño



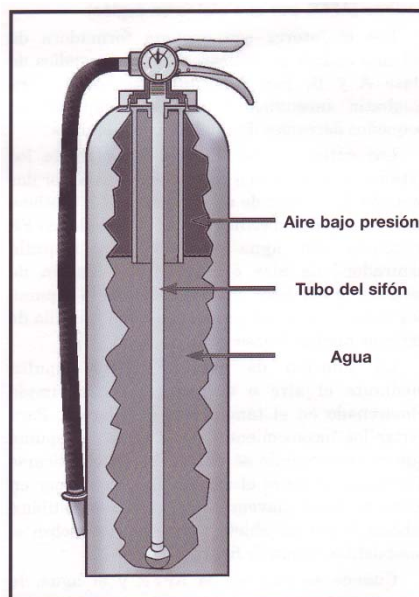
E.U.I.T.N.



Sistemas de Contraincendios en los Buques

Octubre 2008



Su tamaño es normal (más pequeño que los de CO<sub>2</sub>), tienen una capacidad de entre 9 y 10 litros. Está presurizado con aire o gas inerte entre 6 a 9 Kg/cm<sup>2</sup>. Su alcance es sobre 8 y 10 metros y su peso sobre 13,5 kg. Una vez que se está utilizando tardará entre 1 y 3 minutos descargarse. Gracias a un manómetro podremos observar y controlar el estado del mismo en cada momento.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 3.2.3 Extintores de Polvo Seco

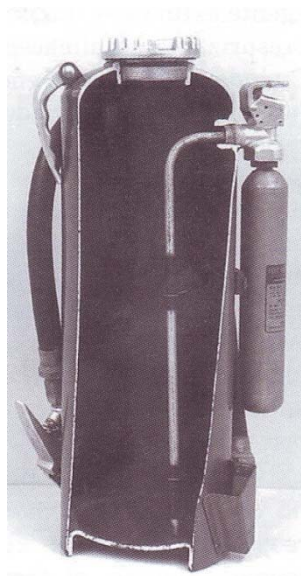
Es el mejor extintor portátil con diferencia, posee una extraordinaria potencia extintora y precisa de mínimo espacio. El extintor de polvo seco es el más apropiado para:

- Incendios de origen eléctrico.
- Llamas de fuegos secos
- Gases inflamables
- Líquidos combustibles



Este tipo de extintores son de manejo sumamente fácil, la manguera es lo suficientemente larga para permitir a la persona que utiliza el extintor gran facilidad de movimientos, es decir, que dado el peso del aparato descansa sobre una sola mano y con la otra se acciona fácilmente la pistola de plástico.

La manguera nace del fondo del depósito y va ceñida al cuerpo del aparato. A su otro extremo lleva acoplada una pistola que permite lanzar de forma intermitente el chorro de polvo, con lo que se consigue un gran chorro del agente extintor.

En el caso de extintor de polvo seco P-12 está cargado con 12 kg, de polvo TOTALIT SUPER, pero también puede ser cargado con polvo TOTALIT G, o polvo TOTALIT SV.



Llevará una válvula de seguridad, que funciona automáticamente y evita toda clase de peligros, aun cuando sea cargado el extintor de forma no correcta. Lleva además el aparato una lámina de plomo en el acoplamiento de la manguera al tubo del sifón, para evitar que penetre humedad en el depósito de polvo a través de la manguera, cerrándola herméticamente, lo cual

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistemas de Contraincendios en los Buques</b>	<b>Octubre 2008</b>

es muy importante en regiones húmedas o cuando el extintor está al servicio de la Marina.

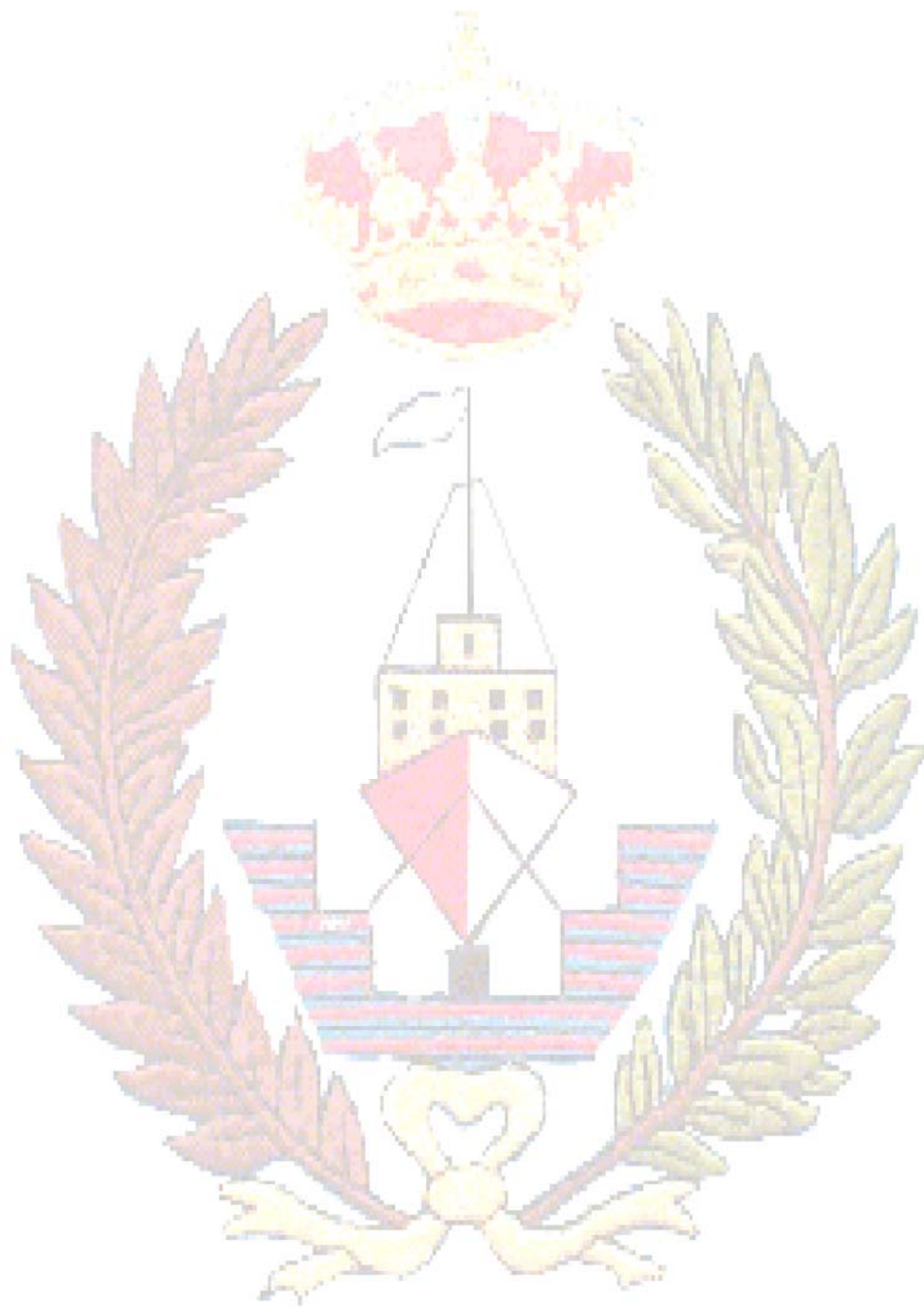
Existen dos diseños básicos de extintores de polvo seco de mano: de almacenamiento a presión y operados con cartucho.



El tipo de almacenamiento a presión se parece en diseño al extintor de agua con presión contenida y se mantiene una presión constante de aproximadamente 1400 kPa (200lb/pulg<sup>2</sup>) en el tanque de almacenaje del agente. Los extintores operados con cartucho emplean un cartucho de presión conectado al tanque del agente. El tanque del agente no está presurizado hasta que se pulsa el contacto de presión para liberar el gas de cartucho. Ambos tipos de extintores utilizan **Nitrógeno o Dióxidos de Carbono como gas presurizante**. Los extintores operados con cartucho utilizan un cartucho de dióxido de carbono a no ser que el extintor vaya a someterse a temperaturas de congelación. En esos casos, se utilizan un cartucho de nitrógeno en polvo.



Respecto a sus medidas más normales, si hablamos del tipo P-12, podemos decir que su contenido en polvo suele ser de 12 Kg. La altura máxima del extintor es de 550 mm. La anchura es de 260 mm. El diámetro es de 180 mm. Suelen poseer una manguera de 800 mm. y un peso de todo el conjunto de unos 20 Kg.





## Capítulo 4 **PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO**





	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 4</b>	<b>Octubre 2008</b>



<b>Capítulo 4 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO</b> .....	111
<b>1. Introducción (Los Buques)</b> .....	111
1.1 Buque Tipo O.B.O.....	111
1.1.1 Características del buque O.B.O.....	112
1.1.2 Plano General del buque O.B.O.....	113
1.2 Buque tipo Bulk-Carrier.....	114
1.2.1 Características del buque Bulk-Carrier.....	114
1.2.2 Plano General del buque Bulk-Carrier.....	115
<b>2. Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b> .....	116
2.1 Objetivo.....	116
2.2 Datos de entrada de Diseño.....	116
2.3 Normativa Aplicada.....	116
2.4 Cálculo del Diámetro del Colector Principal de Sentinas.....	116
2.4.1 Buque como “Bulk-Carrier”.....	116
2.4.2 Buque como “Petrolero”.....	117
2.4.3 Diámetro del Colector Principal de Sentinas.....	117
2.5 Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas.....	117
2.6 Determinación de las Características Principales de las Bombas Principales C.I.....	118
2.6.1 Número de Bombas Principales de Contraincendios.....	118
2.6.2 Capacidad Unitaria.....	118
2.6.2.1 Primer Criterio de Dimensionamiento.....	118
2.6.2.2 Segundo Criterio de Dimensionamiento.....	118
2.6.2.3 Tercer Criterio de Dimensionamiento.....	119
2.6.3 Altura Manométrica.....	119
2.7 Elección del Tipo de Bomba Principal de Contraincendios.....	120

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 4</b>	<b>Octubre 2008</b>



2.8 Estimación de la Potencia del Motor de cada Bomba.....	121
2.8.1 Potencia en el eje de la Bomba.....	121
2.8.2 Potencia del Motor Eléctrico.....	121
2.9 Especificación Técnica de Demanda de las Electro-Bombas Principales.....	121
2.10 Consideraciones relativas a las Bombas de Contraincendios de Emergencia.....	122
2.11 Determinación de las Características de la Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	123
2.11.1 Número de Bombas de Contraincendios de Emergencia.....	123
2.11.2 Capacidad Unitaria.....	124
2.11.2.1 Primer Criterio de Dimensionamiento.....	124
2.11.2.2 Segundo Criterio de Dimensionamiento.....	124
2.11.3 Altura Manométrica.....	125
2.12 Elección del tipo de Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	125
2.13 Ubicación de la Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	125
2.14 Alimentación Eléctrica de la Bomba de Contraincendios de Emergencia.....	126
2.15 Colector del Sistema General de Contraincendios.....	127
2.16 Selección de la Tubería Normalizada.....	127
<b>3. Sistema de Espuma de Baja Expansión.....</b>	<b>130</b>
3.1 Objetivo.....	130
3.2 Datos de Entrada de Diseño.....	130
3.3 Normativa Aplicada.....	130
3.4 Cálculo del Caudal Mínimo de Solución Espumosa.....	130
3.5 Cálculo del Caudal descargado por 2 Mangueras de Agua.....	131
3.6 Características Principales de las Bombas de Agua Salada del Sist. de Espuma.....	132
3.7 Estimación de la Potencia del Motor de cada Bomba.....	132
3.7.1 Potencia en el Eje de la Bomba.....	133

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 4</b>	<b>Octubre 2008</b>

3.7.2 Potencia del Motor Eléctrico.....	133
3.8 Especificación Técnica de Demanda de las Electro-Bombas.....	133
3.9 Determinación del número de Monitores.....	133
3.10 Capacidad Mínima Unitaria de los Monitores.....	134
3.11 Selección del Tipo de Tobera a instalar en los Motores.....	134
3.12 Características de los Monitores.....	136
3.13 Determinación de las Características de las Bombas de Espuma.....	137
3.13.1 Tipo de Bomba.....	137
3.13.2 Caudal.....	137
3.13.3 Altura Manométrica.....	138
3.13.4 Número de Bombas de Espuma.....	138
3.14 Dimensionamiento del Tanque de Líquido Espumógeno.....	139
3.15 Selección del Método de Dosificación de Espuma.....	139
3.16 Aplicadores de Espuma.....	141
3.17 Red de Tuberías.....	141
3.17.1 Tuberías de Agua Salada y de Solución Espumosa.....	141
3.17.2 Diámetros de las Tuberías.....	141
3.17.3 Tratamiento Anticorrosivo.....	143
3.17.4 Válvulas.....	143
3.17.5 Tubería de Líquido Espumógeno.....	144
<b>4. Sistema de CO<sub>2</sub>.....</b>	<b>145</b>
4.1 Objetivo.....	145
4.2 Datos de entrada de Diseño.....	145
4.3 Normativa aplicada.....	145
4.4 Selección del tipo de Sistema Fijo de Extinción de Incendios por CO <sub>2</sub> .....	145

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>INDICE Capítulo 4</b>	<b>Octubre 2008</b>

4.5 Cantidad Mínima de CO <sub>2</sub> requerida.....	146
4.6 Determinación del Número mínimo de Botellas de CO <sub>2</sub> .....	147
4.7 Cálculo del Peso Total de las Botellas Cargadas de CO <sub>2</sub> .....	148
4.8 Superficie Mínima requerida para la instalación de las Botellas de CO <sub>2</sub> .....	148
4.9 Requisitos relativos a las Botellas de CO <sub>2</sub> .....	148
4.10 Requisitos relativos al Local de CO <sub>2</sub> .....	148
4.11 Requisitos relativos a la Red de Tuberías.....	150
4.12 Dimensionamiento de la Red de Tuberías.....	153
4.13 Válvulas Distribuidoras.....	154
4.14 Dispositivos de “Disparo” .....	154
4.15 Sistemas de Alarma.....	155
<b>5.Presupuesto Sistema de CO<sub>2</sub></b> .....	<b>156</b>

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Introducción Procedimiento de Cálculo</b>	<b>Octubre 2008</b>

## Capítulo 4

# PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

## 1. Introducción (Los buques)

En este capítulo vamos 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) y el Sistema de Espuma de un buque tipo OBO y los cálculos del Sistema de CO<sub>2</sub> de un Buque tipo Bulk-carrier.

### 1.1 Buque tipo O.B.O.

El primer Sistema que calcularemos será el Sistema General de Contraincendios de un buque tipo OBO. Definiremos un buque OBO como un buque que está diseñado para el transporte de mineral (ore), granel seco (bulk) y granel líquido (oil), de ahí su nombre OBO (ore-bulk-oil). Por lo tanto nos encontramos ante un buque en el que habrá ocasiones en las que transportará mercancía líquida y en otras ocasiones transportará mercancía sólida. Lo interesante del cálculo de este tipo de buque es la necesidad de tener en cuenta ambas situaciones de trabajo y por lo tanto diferentes agentes y sistemas de extinción en el caso de incendio.

El buque en concreto que vamos a utilizar en nuestros cálculos es el “FRONTLINE LTD. BERMUDA”.

Es un buque de hélice simple tipo O.B.O. con 9 tanques de carga central y 3 tanques de derrame. Casco de doble fondo con todos los refuerzos situados en los espacios de lastre, tanques de carga casi totalmente libres de obstáculos.



Alojamiento, sala de máquinas y cuarto de bombas están localizados en popa.

Buque con una media de crucero de unas 24.000 millas náuticas y un consumo de unas 58 toneladas de fuel oil pesado por día. La velocidad media de servicio es de unos 14.7 nudos con carga.

El consumo de los equipos auxiliares será de unas 2,7 toneladas del fuel oil pesado por día.

El motor principal es un motor diesel Hyundai – B&W 6S70MC con 6 cilindros, sistema turbo, reversible, diseñado para operar con fuel oil pesado con una viscosidad máxima de 600 cSt a 50°C dando un máximo de 20.940 CV (15.397 Kw) a 88 r.p.m. En modo normal de navegación dará 18.850 CV (13.869 Kw) a 85 r.p.m.

Respecto a los motores auxiliares, posee dos generadores diesel de la marca Ssang Yong/Wartsila 6 R/26 cada uno de 1100 CV (750Kw) a 720 r.p.m., diseñado para operar con fuel oil pesado con una viscosidad máxima de 600 cSt a 50°C.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Introducción Procedimiento de Cálculo</b>	<b>Octubre 2008</b>

Un tercer generador diesel Ssang Yong/Wartsila 6 R 32D-198Kw que da 2700 CV a 720 r.p.m., diseñado para operar con fuel oil pesado con una viscosidad máxima de 600 cSt a 50°C. Probablemente utilizado para dirigir una bomba de carga a través de un caja de engranajes.

La hélice posee 4 palas, que giran en sentido derecho, con un diámetro de 8,1 metros.

Este buque puede ser operado en tres formas de carga:

- Solo con carga líquida
- Solo con carga seca
- Combinación de las dos cargas

### 1.1.1 Características del buque O.B.O.

Las Características principales del buque, son las siguientes:

Eslora total.....	284,970 m.
Eslora entre perpendiculares.....	275,000 m.
Manga de trazado.....	45,000 m.
Puntal de trazado.....	25,900 m.
Calado de verano.....	18,518 m.
Calado de diseño.....	16,960 m.
Peso muerto asignado.....	140.000 t.
Peso muerto de diseño.....	150.000 t.
Arqueo bruto.....	89.004 t.

Una vez que sabemos el tipo de buque y las medidas principales del mismo podemos definir los sistemas de contraincendios que vamos a instalar. Para saber cuáles son los sistemas de contraincendios a utilizar en este buque hemos utilizado el Germanischer Lloyd como sociedad de clasificación de referencia. Según la sociedad de clasificación en este tipo de buques utilizaremos un sistema general de contraincendios (agua salada), un sistema de espuma (low-expansion foam) y un sistema de CO<sub>2</sub>. Haremos el cálculo de los dos primeros sistemas.

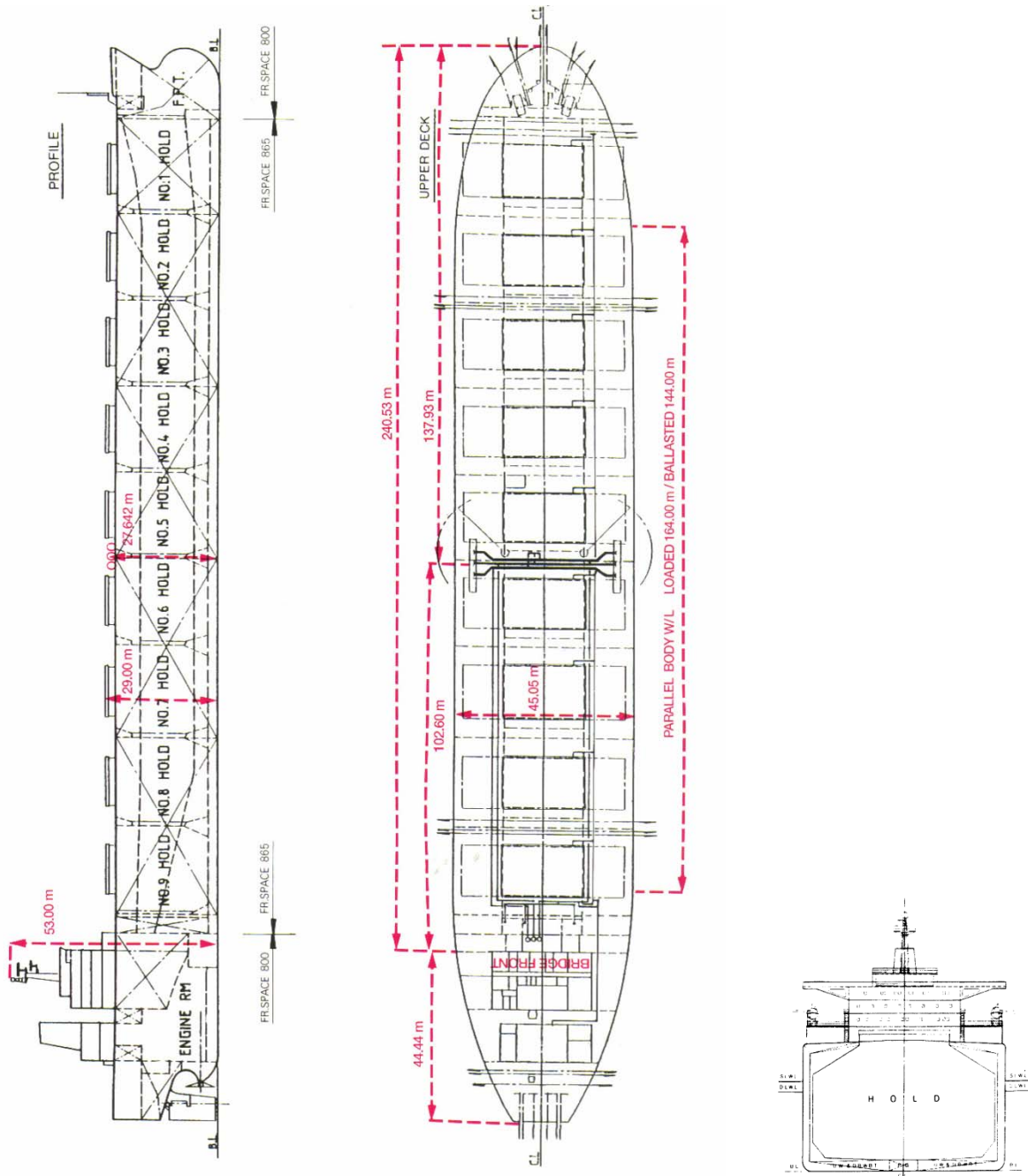
El primer sistema de contraincendios que vamos a calcular será el correspondiente al de **Agua Salada**. Una vez que tengamos todos los cálculos pasaremos a calcular los del **sistema de Espuma**.







### 1.1.2 Plano General del Buque O.B.O.

A continuación disponemos del plano general del buque en alzado, planta y perfil.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Introducción Procedimiento de Cálculo</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 1.2 Buque tipo Bulk-Carrier

El segundo buque que vamos a tratar en este capítulo va a ser un buque tipo Bulk-Carrier. De este buque vamos a realizar el cálculo del Sistema de CO<sub>2</sub> que se instalará en la Sala de Máquinas.

Hablaremos un poco del buque y de sus características principales.

El equipo propulsor, está compuesto por un motor principal Aesa-Burmeister & Wain, tipo 7K84EF, de 17.500 BHP, a 114 r.p.m., preparado para quemar combustibles pesados.

Para generar corriente eléctrica se ha dispuesto a popa de la cámara de máquinas, tres grupos electrógenos de una potencia de 920 CV, a 900 r.p.m., que accionarán sendos alternadores de 750 Kva.

Una característica notable de este barco, es que en el doble fondo, por debajo de las bodegas de carga, se han dispuesto túneles en los que se aloja toda la tubería y válvulas para los servicios de lastre, sentina y combustible. Un túnel de amplias dimensiones que permite a la tripulación encargada de la vigilancia de éstos servicios, llegar con comodidad a cualquier válvula o tubo, caminando normalmente, túnel iluminado, con lo que la atención al servicio y seguridad del personal serán inmejorables.

Los medios de lastre están dotados de 3 bombas de 1.500 m<sup>3</sup>/h. cada una, con motor de 65 CV, a 885 r.p.m.

La capacidad de carga en grano es de 100.450 m<sup>3</sup>. Además dispone de 13 escotillas de 353 m<sup>3</sup> cada una.

Para este buque realizaremos los cálculos del **Sistema de Contraincendios de CO<sub>2</sub>** que se instalará en la **Sala de Máquinas**.

### 1.2.1 Características del buque Bulk-Carrier

Las características principales de este segundo buque, son las siguientes:

Eslora total.....	254,00 m.
Eslora entre perpendiculares.....	243,00 m.
Manga de trazado.....	32,20 m.
Puntal de trazado.....	19,70 m.
Calado máximo.....	14,40 m.
Peso muerto.....	80.000 t.



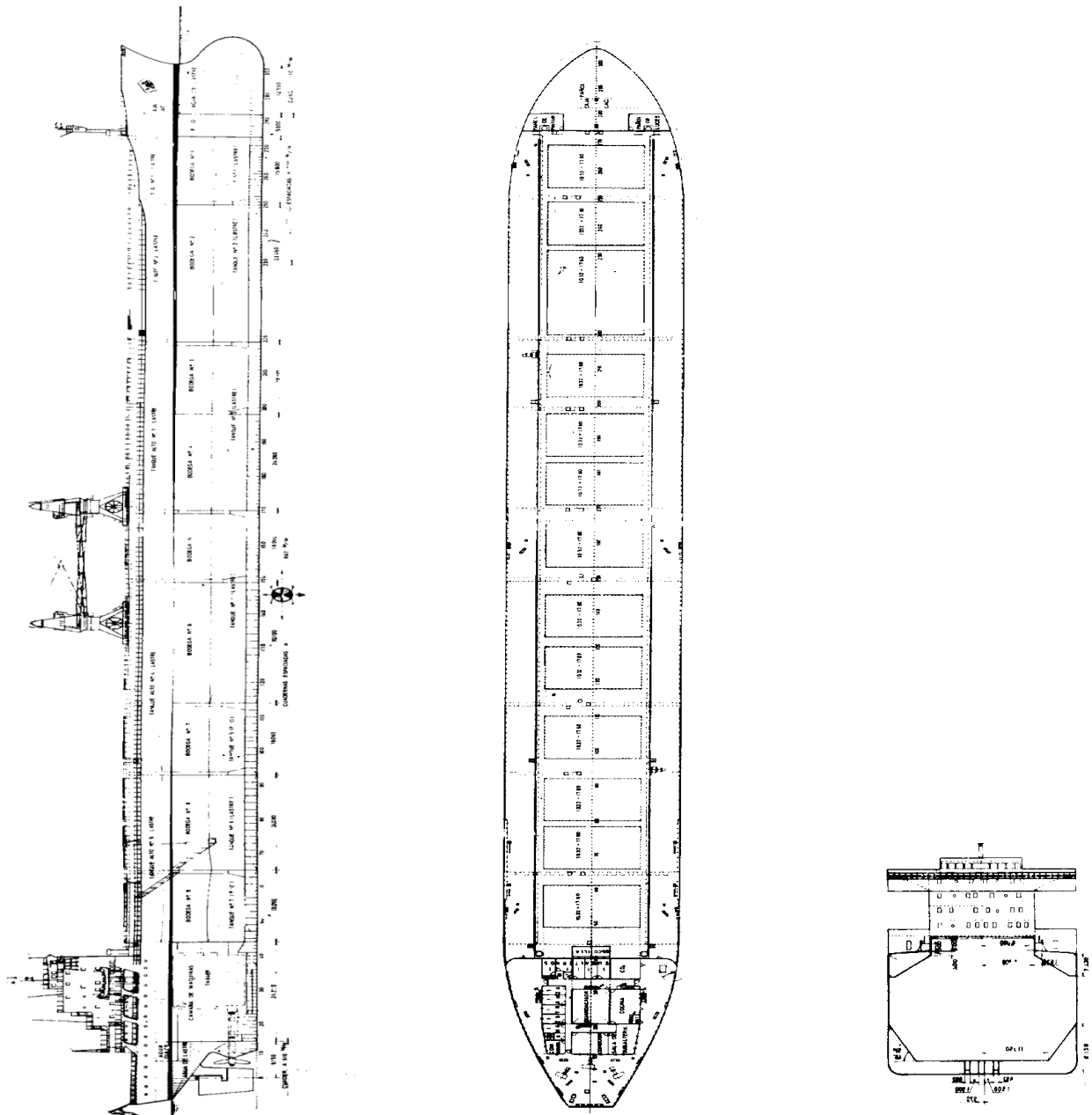
**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimientos de Diseño**





<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Introducción Procedimiento de Cálculo</b>	<b>Octubre 2008</b>
-------------------	--	---------------------

- Arqueo bruto.....42.500 t.
- Desplazamiento a plena carga.....96.400 t.
- Capacidad de bodegas.....3.500.000 pie<sup>3</sup>
- Velocidad en pruebas.....16,50 nudos
- Autonomía.....22.000 millas

**1.2.2 Plano General del Buque Bulk-Carrier**



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2. Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)

### 2.1 Objetivo

El presente Procedimiento tiene como objetivo describir el Proceso de Cálculo del “**Sistema General de Contraincendios**”, a instalar en un Buque tipo “**OBO**” de **140.000 TPM**. Este Sistema se utilizará también para el **Baldeo y Limpieza** de Escobenes, Cajas de cadenas etc..

### 2.2 Datos de Entrada de Diseño

En la Tabla que se incluye a continuación se especifican los Datos de Entrada de Diseño.

Dimensiones del Buque			Longitud de C <sup>a</sup> Máquinas+C <sup>a</sup> Bombas l <sub>1</sub> m
Eslora L <sub>pp</sub> m	Manga B m	Puntal H m	
275,00	45,00	25,90	27,20

### 2.3 Normativa Aplicada

Los Cálculos que se describen en el presente Procedimiento 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**”.

### 2.4 Cálculo del Diámetro del Colector Principal de Sentinas

#### 2.4.1 Buque como “Bulk-Carrier”

En este caso el Diámetro Mínimo del Colector Principal de Sentinas se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente expresión:



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

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.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

H = Puntal del Buque, expresado en m.

Aplicando la fórmula anterior resulta:

$$d_{cs} = 1,68 \sqrt{275 (45 + 25,9)} + 25 = 259,58 \text{ mm}$$

#### 2.4.2 Buque como “Petrolero”

En este supuesto el Diámetro Mínimo del Colector Principal de Sentinas se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$d_{cs} = 3 \sqrt{l_1 (B + H)} + 35$$

Siendo:

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

$l_1$  = Longitud desde el Mamparo de Popa de la Cª de Máquinas y el Mamparo de Proa de la Cª de Bombas, expresada en m.

B = Manga del Buque, expresada en m.

H = Puntal del Buque, expresado en m.

Aplicando la fórmula anterior resulta:

$$d_{cs} = 3 \sqrt{27,2 (45 + 25,9)} + 35 = 152,13 \text{ mm}$$

#### 2.4.3 Diámetro del Colector Principal de Sentinas

De acuerdo con los diámetros calculados anteriormente, adoptaremos, como diámetro del Colector Principal de Sentinas, el mayor valor obtenidos anteriormente. Por lo tanto:

$$d_{cs} = \mathbf{259,58 \text{ mm}}$$



### 2.5 Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas

La Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas se calculará mediante la aplicación de la fórmula siguiente:

$$Q_{bs} = 5,75 \times 10^{-3} d_{cs}^2$$

Siendo:

$Q_{bs}$  = Capacidad Unitaria de las Bombas de Sentinas, expresada en m<sup>3</sup>/h

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

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

Aplicando la expresión anterior resulta:

$$Q_{bs} = 5,75 \times 10^{-3} \times 259,58^2 = \mathbf{387,46 \text{ m}^3/\text{h}}$$

## 2.6 Determinación de las Características Principales de las Bombas Principales de Contraincendios

### 2.6.1 Número de Bombas

De acuerdo con las exigencias reglamentarias, se instalarán **2 Bombas Principales de Contraincendios**.

### 2.6.2 Capacidad Unitaria

#### 2.6.2.1 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:

$$Q_{bci} = 3,8 \times 10^{-3} d_{cs}^2$$

Siendo:

$Q_{bci}$  = Capacidad Unitaria de las Bombas de Contraincendios, expresada en  $\text{m}^3/\text{h}$

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

Aplicando la expresión anterior resulta:

$$Q_{bci} = 3,8 \times 10^{-3} \times 259,58^2 = \mathbf{256,06 \text{ m}^3/\text{h}}$$



#### 2.6.2.2 Segundo Criterio de Dimensionamiento

Hemos 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.

El Caudal descargado por una Manguera de Contraincendios puede ser determinado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

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  $kg/cm$ .

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

- $d = 19 \text{ mm (3/4" )}$
- $p = 2,8 \text{ Kg/cm}^2$

Aplicando la expresión antes citada resulta:

$$q_m = 0,039 \times 19^2 \sqrt{2,8} = 23,54 \text{ m}^3/h$$

Por consiguiente, el Caudal descargado por 2 Mangueras con Boquillas de 19 mm (3/4") será:

$$2q_m = 2 \times 23,54 = 47,08 \text{ m}^3/h$$

### 2.6.2.3 Tercer Criterio de Dimensionamiento

Sin embargo, y de acuerdo con las exigencias reglamentarias, en los Buques de Carga, no resulta necesario que la Capacidad Total de las Bombas Principales de Contraincendios (excluida, por lo tanto la/s Bomba/s de Emergencia) exceda la cifra de **180  $m^3/h$** .

Por lo tanto, para cumplimentar los requisitos reglamentarios no resulta necesario que el Caudal Unitario de las 2 Bombas Principales de Contraincendios sea superior a **90  $m^3/h$** .

Teniendo en cuenta los 3 Criterios de Dimensionamiento anteriormente mencionados, y adoptando un razonable Margen de Seguridad adoptaremos el siguiente Caudal Unitario:

$$Q_{bci} = 100 \text{ m}^3/h$$

### 2.6.3 Altura Manométrica

<b>Cálculo de la Altura Manométrica</b>		
Presión de Alimentación de las Bocas C.I.	$(kg/cm^2)$	2,8
Altura Geométrica	$(kg/cm^2)$	4,0
Pérdidas de Carga (estimadas)	$(kg/cm^2)$	1,2
<b>Altura Manométrica de las Bombas</b>	<b><math>(kg/cm^2)</math></b>	<b>8,0</b>



## 2.7 Elección del Tipo de Bomba Principal de Contraincendios

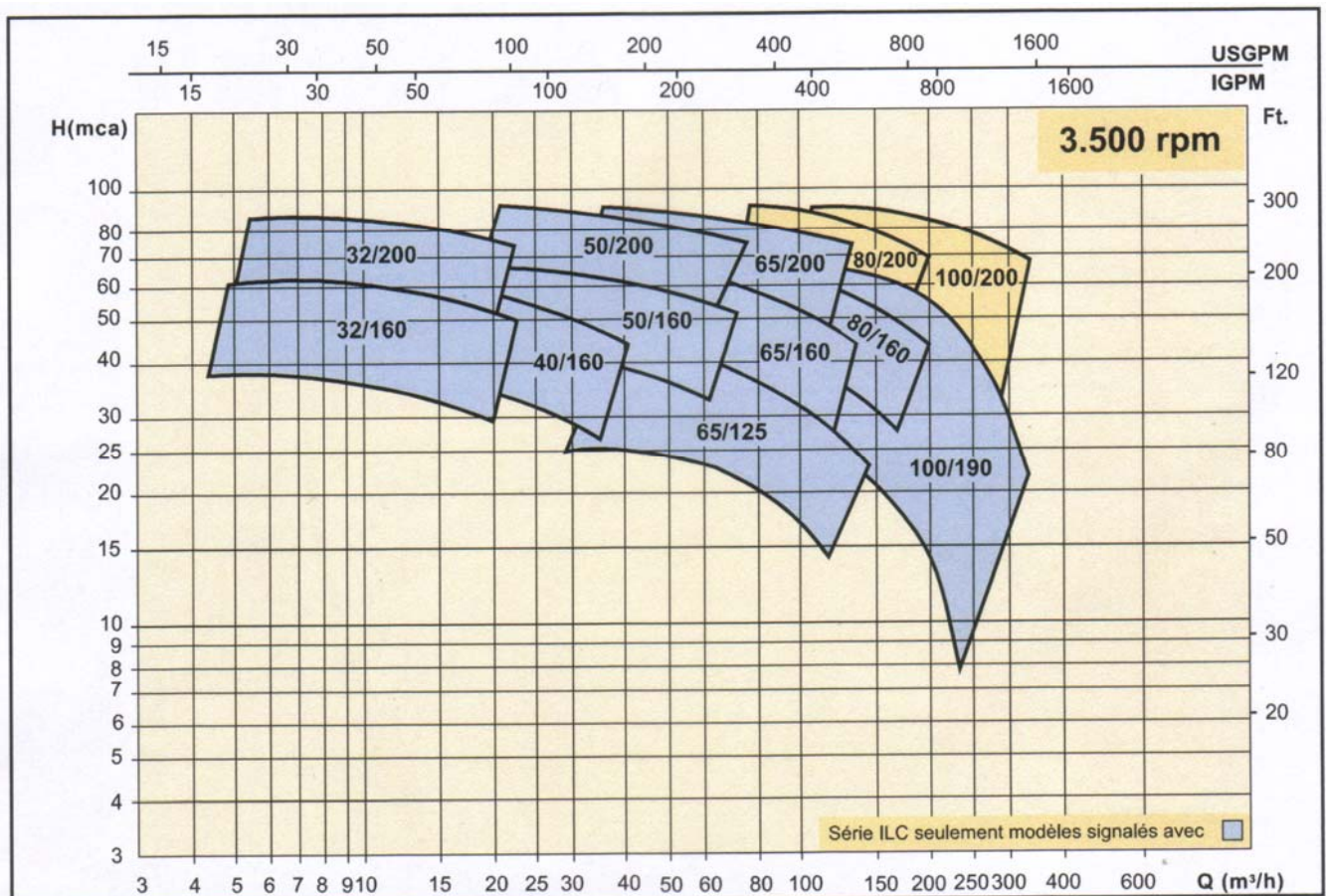
Las Bombas serán de tipo Centrífugo y estarán accionadas por Motores Eléctricos Trifásicos alimentados mediante una Red Eléctrica de las siguientes características:



- Tensión 440 V
- Frecuencia 60 Hz

Para la selección del tipo de Bomba utilizaremos el **Diagrama de Elección** que se adjunta a continuación. Dicho Diagrama se ha extraído del Catálogo de Bombas Centrífugas de un prestigioso Fabricante español.

Entrando en el Diagrama con un Caudal  $Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$  y una Altura Geométrica  $H$  de 80 mca, se deduce que el tipo de Bomba recomendado queda definido de la forma siguiente:

- Serie ILC
- RPM 3.500 ( $f = 60 \text{ Hz}$ )
- Modelo **80/200**



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.8 Estimación de la Potencia del Motor de cada Bomba

### 2.8.1 Potencia en el Eje de la Bomba

Para estimar la Potencia requerida en el Eje de la Bomba aplicaremos la siguiente fórmula:

$$P_{\text{eje}} = \frac{\rho Q H}{3600 r 75}$$

Siendo:

- $P_{\text{eje}}$  = Potencia requerida en el Eje de la Bomba, expresada en CV.
- $\rho$  = Densidad del Fluido, expresado en  $\text{kg/m}^3$
- $Q$  = Caudal de la Bomba, expresada en  $\text{m}^3/\text{h}$
- $H$  = Altura Manométrica de la Bomba, expresada en m.c.a.
- $r$  = Rendimiento de la Bomba

Estimando un Rendimiento de la Bomba  $r = 0,75$ , y aplicando dicha fórmula resulta:

$$P_{\text{eje}} = \frac{1025 \times 100 \times 80}{3600 \times 0,75 \times 75} = 40,56 \text{ CV}$$

### 2.8.2 Potencia del Motor Eléctrico



Estimando un Rendimiento del Motor Eléctrico  $r_m = 0,95$ , y adoptando un Coeficiente de Seguridad  $CS=1,1$  resulta:

$$P_{\text{me}} = 50,0 \text{ CV} = 36,8 \text{ kw}$$

## 2.9 Especificación Técnica de Demanda de las Electro-Bombas Principales

En la Tabla que se adjunta a continuación, se especifican las características principales de las Bombas del Sistema General de Contraincendios.

<b>CARACTERISTICAS DE LAS ELECTRO-BOMBAS PRINCIPALES</b>	
Número de Bombas	2
Tipo de Fluido	Agua Salada
Servicio	Sistema de Contraincendios
Tipo de Bomba	Centrífuga-Vertical
Tipo	Vertical
Capacidad Unitaria Mínima	100 $\text{m}^3/\text{h}$
Altura Manométrica	80 mca
Tipo de Accionamiento	Motor Eléctrico
Tensión	440 V
Frecuencia	60 Hz



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

Número de Fases	3
Sociedad de Clasificación	Germanischer Lloyd

## 2.10 Consideraciones Relativas a las Bombas de Contraincendios de Emergencia

Incluiremos a continuación algunos comentarios que enfatizan la importancia que las Sociedades de Clasificación atribuyen a las Bombas de C.I. de Emergencia.

- Las Bombas de Contraincendios de Emergencia deben ser “**autocebadas**”.
- Los Equipos de suministro de Agua y de Energía requeridos para el funcionamiento de las Bombas de Emergencia deben 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 deben pasar por los espacios de máquinas en los que instalen las Bombas Principales, sus Motores de Accionamiento o sus Fuentes de Energía.
- En el caso de que los Cables Eléctricos alimentadores de las Bombas de Emergencia atraviesen áreas de alto riesgo de incendio, dichos Cables deberán ser de tipo Resistente al Fuego aprobado.
- En el supuesto de que las Bombas de Contraincendios de Emergencia estén accionadas por Máquinas de Combustión Interna (Motor Diesel o Turbina de Gas), se deberán cumplimentar los requisitos siguientes:
  - La cantidad de Combustible destinada al accionamiento de las Bombas de Emergencia debe ser suficiente para la operación de las mismas durante un tiempo no inferior a **18 horas**.
  - El Tanque de Servicio de Combustible debe contener suficiente combustible para asegurar, sin proceder al relleno del mismo, el funcionamiento de la Bomba durante al menos 6 horas (En los Buques de Carga de menos de 5000 GT, dicho tiempo puede reducirse a 3 horas).
- Los espacios en los que se instalen las Bombas de Emergencia, y sus Máquinas de Accionamiento, no deben ser directamente adyacentes a ninguno de los siguientes espacios:
  - Espacios en los que se encuentre instaladas las Bombas Principales
  - Espacios de Categoría A-9
- En el supuesto de que no resultase factible la cumplimentación del requisito anterior, se deberán cumplimentar las prescripciones siguientes:

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

- La división entre los espacios afectados debe estar constituida por 1 Mamparo como máximo.
  - Dicho Mamparo debe ser construido con los requerimientos de Aislamiento exigidos a las “Estaciones de Control”.
  - Los “Nichos” (“Recesos”) deben ser reducidos al mínimo posible.
  - Las Puertas que comunican los espacios adyacentes deben estar provistas de “Airlocks”.
  - Las Puertas hacia los Espacios de Máquinas deben ser del tipo **A-60**.
- Las Bombas de Emergencia deben ser instaladas de forma adecuada para asegurar su capacidad de suministrar los Caudales y Presiones prescritos, en todas las condiciones de Escora, Asiento, Balance y Cabeceo que pueda encontrarse el Buque durante su periodo de Explotación.
  - En el caso de que las Bombas de Emergencia sean instaladas por encima de la Flotación correspondiente a la Condición de “Buque en Rosca” el “**NPSH**” de la Bomba debe ser menor, en 1 metro aproximadamente, al “**NPSH**” **Disponible**”. Es decir:

$$\text{NPSH}_{\text{requerido}} < \text{NPSH}_{\text{disponible}} - 1 \text{ mca}$$

- Las Tomas de Mar de las Bombas de Emergencia deben estar situadas en la cota más baja posible.
- Las Tuberías de Aspiración y de Descarga de las Bombas de Contraincendios de Emergencia, así como las propias Bombas, deben estar dispuestas en lugares situados fuera de los espacios en los que estén instaladas las Bombas Principales.
- Las Válvulas correspondientes a las Tomas de Mar deben estar **permanentemente abiertas**, y deben estar provistas de Rótulos apropiados, tales como el siguiente:



**“La Válvula debe permanecer siempre Abierta”**

- Como alternativa, puede aceptarse que las Válvulas se mantengan cerradas cuando éstas sean operables desde posiciones próximas a las Bombas o, en el caso de Bombas teleoperadas, desde los controles remotos de las mismas.
- En el caso de que el espacio en el que se encuentran instaladas las Bombas Principales esté protegido por un Sistema Fijo de Rociadores, la Bomba de Emergencia debe ser dimensionada para suministrar este Caudal adicional.

## **2.11 Determinación de las Características de la Bomba de Contraincendios de Emergencia**

### **2.11.1 Número de Bombas**

De acuerdo con las exigencias reglamentarias, se instalará **1 Bomba de Contraincendios de Emergencia**.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.11.2 Capacidad Unitaria

### 2.11.2.1 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 será la que se deduce a continuación:

$$Q_{be} = 0,4 \times 180 = 72 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 2.11.2.2 Segundo Criterio de Dimensionamiento

Hemos 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.

El Caudal descargado por una Manguera de Contraincendios puede ser determinado mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

Siendo:

- $q_m$  = Caudal descargado por una Manguera de Contraincendios, expresado en  $\text{m}^3/\text{h}$ .
- $d$  = Diámetro de la Boquilla, expresado en mm.
- $p$  = Presión Manométrica existente en la Boca de Contraincendios, expresado en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

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



- $d = 19 \text{ mm}$  (3/4 “)
- $p = 2,8 \text{ Kg}/\text{cm}^2$

Aplicando la expresión antes citada resulta:

$$q_m = 0,039 \times 19^2 \sqrt{2,8} = 23,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por consiguiente, el Caudal descargado por 2 Mangueras con Boquillas de 19 mm (3/4”) será:



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

$$2q_m = 2 \times 23,54 = 47,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

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:

$$Q_{be} = 100 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 2.11.3 Altura Manométrica

<b>Cálculo de la Altura Manométrica</b>		
Presión de Alimentación de las Bocas C.I.	(kg/cm <sup>2</sup> )	2,8
Altura Geométrica	(kg/cm <sup>2</sup> )	4,0
Pérdidas de Carga (estimadas)	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,2
<b>Altura Manométrica de las Bombas</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>8,0</b>

### 2.12 Elección del Tipo de Bomba de Contraincendios de Emergencia

Por razones de estandarización hemos considerado conveniente seleccionar una Bomba de las mismas características que las Bombas Principales de Contraincendios.

Esta unificación presenta las ventajas que mencionamos a continuación:

- Incrementa la Seguridad del Buque.
- Simplifica la Gestión del Mantenimiento (adquisición de Respetos)

Estimamos que el Coste Inicial sería sensiblemente mayor y que, incluso podría resultar ligeramente inferior.

### 2.13 Ubicación de la Bomba de Contraincendios de Emergencia

La Bomba de C.I. de Emergencia se instalará en una Cámara de Bombas instalada a Proa del Mamparo de Colisión (Ver Plano de Disposición General).



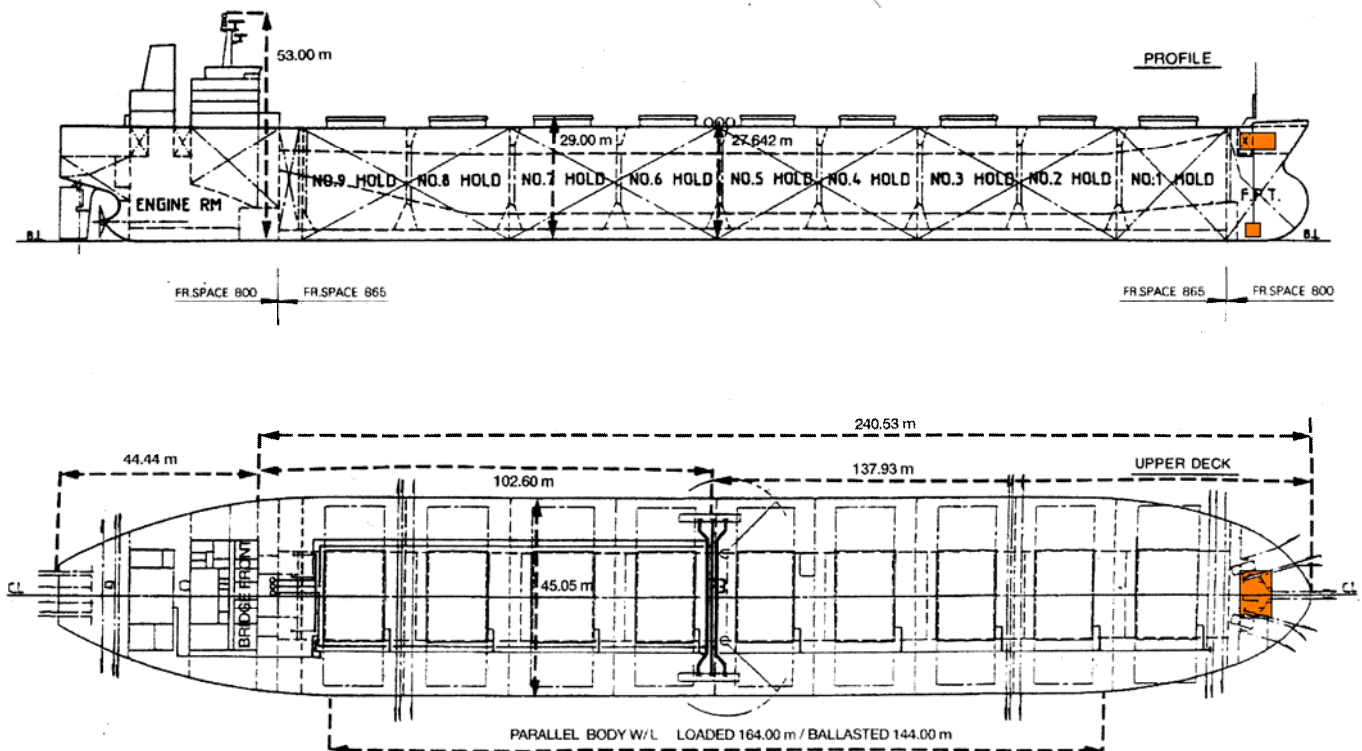
## Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño



E.U.I.T.N.

Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)



Octubre 2008



Dadas las dificultades que, en caso de Emergencia, presenta el acceso a la Cámara de Bombas antes citada, se adoptarán las siguientes medidas adicionales:

- Las Válvulas deberán ser operadas por Control Remoto mediante Actuadores telemandados hidráulicamente.
- Las Maniobras de Arranque y Parada de la Bomba serán realizadas mediante Control Remoto.
- Con fines de Monitorización se dispondrán los Indicadores pertinentes tales como:
  - Manómetros
  - Indicadores de Posición de las Válvulas

Se dispondrán también los medios necesarios para posibilitar la operación local de la Bomba, así como de las Válvulas asociadas a la misma.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

## 2.14 Alimentación Eléctrica de la Bomba de Contraincendios de Emergencia

La Bomba de C.I. de Emergencia será alimentada desde los Cuadros Eléctricos siguientes:

- Cuadro Principal
- Cuadro de Emergencia

## 2.15 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<sup>2</sup>  
 Q = Caudal expresado en dm<sup>3</sup>/s (litros/segundo)  
 v = Velocidad del Fluido, expresada en dm/s

Adoptando los valores Q = 100 m<sup>3</sup>/h = **27,78 dm<sup>3</sup>/s** y v = 3,0 m/s = **30 dm/s** resulta:

$$S = \frac{27,78}{30} = 0,926 \text{ dm}^2$$

Por lo tanto, el Diámetro del Colector del Sistema General de Contraincendios será:



$$d = 1,086 \text{ dm} = \mathbf{108,6 \text{ mm}}$$

## 2.16 Selección de la Tubería Normalizada

En la Tabla que se incluyen a continuación se especifica lo siguiente:

- Los Diámetros de las Tuberías de Acero normalizadas en un Astillero.
- Las Velocidades de Diseño adoptadas en función del Diámetro de las Tuberías Normalizadas.
- Los Caudales Admisibles en las Tuberías Normalizadas.



CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA									
TUBERIAS DE ASPIRACION									
Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso									
Diámetro Nominal	Diámetro Nominal	Diámetro Exterior	Espesor Tubo	Diámetro Interior	Sección Interior	Sección Interior	Velocidad Del	Caudal	

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

DN mm	DN pulg.	de mm	e mm	di mm	S mm <sup>2</sup>	S dm <sup>2</sup>	v m/s	Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	0,9	28,0	1,7
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,1	87,1	5,2
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	1,3	157,8	9,5
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	1,6	472,3	28,3
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	1,8	901,6	54,1
<b>150</b>	<b>6</b>	<b>168,3</b>	<b>5,6</b>	<b>157,1</b>	<b>19.384</b>	<b>1,9384</b>	<b>2,2</b>	<b>2.564,0</b>	<b>153,8</b>
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	2,5	4.870,6	292,2
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	2,8	8.748,3	524,9
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

<b>CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA</b>									
<b>TUBERIAS DE DESCARGA</b>									
<b>Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso</b>									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad del Fluido v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	1,5	46,7	2,8
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,9	145,2	8,7
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	2,1	263,1	15,8
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	2,7	787,2	47,2
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	3,0	1.502,7	90,2
<b>150</b>	<b>6</b>	<b>168,3</b>	<b>5,6</b>	<b>157,1</b>	<b>19.384</b>	<b>1,9384</b>	<b>3,0</b>	<b>3.489,1</b>	<b>209,3</b>
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	3,0	5.740,0	344,4
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	3,0	9.221,6	553,3
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

Utilizando las Tablas anteriormente citadas resultan los siguientes Diámetros Comerciales (Normalizado):

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema General de Contraincendios (Agua Salada)</b>	<b>Octubre 2008</b>

Tramo de Tubería	Caudal Q m <sup>3</sup> /h	Diámetro DN mm	Diámetro DN pulg.
Colector de Aspiración	100	150	6
Colector General de Descarga	100	150	4
Colectores de Cubiertas Superestructura	48	80	3
Ramales de Alimentación a Bocas C.I.	24	50	2

### Tratamiento Anticorrosivo



Las Superficies Interiores de las Tuberías del Sistema General de Contraincendios serán galvanizadas.

Las Superficies Externas de las Tuberías antes citadas estarán provistas de un Tratamiento Anticorrosivo similar al de las Superficies circundantes.

### Válvulas

En la Red de Tuberías del Sistema General de Contraincendios se instalarán los siguientes tipos de Válvulas:

Tramo	Tipo de Válvula	Materiales	
		Cuerpo	Guarniciones
Colector de Aspiración Bombas	Mariposa	Bronce	Acero Inoxidable
Colector de Descarga Bombas	Cierre y Retención	Bronce	Bronce
Colectores de Cubiertas	Globo	Bronce	Bronce
Ramales a Bocas Contraincendios	Globo	Bronce	Bronce

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 3. Sistema de Espuma de Baja Expansión

#### 3.1 Objetivo

El presente Procedimiento tiene como objetivo describir el Proceso de Cálculo del “**Sistema Fijo de Espuma de Baja Expansión**”, a instalar en un Buque tipo “**OBO**” de **140.000 TPM**, destinado a la Protección Contra incendios de la Zona de Carga (Cubierta) del mismo.

#### 3.2 Datos de Entrada de Diseño

En la Tabla que se incluye a continuación se especifican los Datos de Entrada de Diseño.

Dimensiones del Buque			Longitud	Longitud	Manga
Eslora	Manga	Puntal	Zona Carga	Bodega Máx.	Bodega Máx.
Lpp	B	D	l <sub>c</sub>	l	b
m	m	m	m	m	m
275,00	45,00	25,90	222,13	23,35	45,00

#### 3.3 Normativa Aplicada

Los Cálculos que se describen en el presente Procedimiento se han realizado teniendo en cuenta, fundamentalmente, los Requisitos exigidos por la siguiente Normativa:

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

#### 3.4 Cálculo del Caudal Mínimo de Solución Acuosa

El Caudal de Solución Espumosa será superior al mayor valor obtenido mediante la aplicación de las siguientes expresiones:

$$V_1 = 0,6 l_c B \quad (1)$$



$$V_2 = 6 l b \quad (2)$$

$$V_3 = 3 B 0,75 l_1 = 2,25 B l_1 \quad (3)$$

Siendo:

$V_1, V_2, V_3,$  = Caudales Mínimos Requeridos de Solución Acuosa, expresados en litros/min.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

$l_c$ = Longitud de la Zona de Carga, expresada en m.

B= Manga del Buque, expresada en m.

l= Longitud de la Bodega más Grande, expresada en m.

b= Manga de la Bodega más Grande, expresada en m.

$l_1$ = Alcance de los Monitores (Cañones) de Espuma, expresado en m.

Aplicando las expresiones antes citadas resulta:

$$V_1 = 0,6 \times 222,13 \times 45 = 5.997,5 \text{ litros/min}$$

$$V_2 = 6,0 \times 23,35 \times 45 = 6.305,9 \text{ litros/min}$$

$$V_2 = 2,25 \times 45,00 \times 46 = 4.657,5 \text{ litros/min}$$

$$V = \text{MAX}(V_1, V_2, V_3) = 6.305,9 \text{ litros/min} = 378,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 378,4 \text{ m}^3/\text{h} = 1.627,3 \text{ gal/min}$$

**Observaciones:**

1. Se ha supuesto un Alcance de los Monitores (Cañones) de Espuma  $l_1 = 46 \text{ m}$ .
2. El Cálculo de  $V_3$  debe recalcularse tras conocer el Alcance del mayor Monitor a instalar.



### 3.5 Cálculo del Caudal descargado por 2 Mangueras de Agua

Existen zonas de la Zona de Carga del Buque en las que la eficacia de los Monitores de Espuma no resulta totalmente satisfactoria ("Zonas de Sombra de los Monitores"). Con el fin de complementar la acción de dichos Monitores se requiere la operación simultánea de 2 Aplicadores Portátiles de Espuma con los que se pueda acceder a dichas Zonas. Por este motivo, se ha de incrementar el Caudal de Solución Espumosa obtenido anteriormente en el Caudal necesario para el correcto funcionamiento de los 2 Aplicadores de Espuma antes citados.

La Reglamentación vigente exige que los Aplicadores tengan una Capacidad Mínima de **400 litros/min** y un Alcance no inferior a **15 m**.

Suponiendo que la Capacidad Unitaria de los Aplicadores sea de  $450 \text{ l/min} = 27,0 \text{ m}^3/\text{h}$  resulta:

$$V+v = 378,4 + 2 \times 27,0 = 432,4 \text{ m}^3/\text{h} = 1.860 \text{ gal/min}$$

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 3.6 Determinación de las Características Principales de las Bombas Principales de Agua Salada del Sistema de Espuma

#### A. Caudal Unitario

$$Q_{bas} = 378,4 + 54,0 = 432,4 \text{ m}^3/\text{h} = 1.860 \text{ gal/min}$$

Redondeando el resultado anterior, adoptamos el siguiente Caudal Unitario:

$$Q_{bas} = 435,0 \text{ m}^3/\text{h} = 1.871 \text{ gal/min}$$

#### B. Altura Manométrica

<b>Cálculo de la Altura Manométrica</b>		
Presión de Alimentación de los Monitores	(kg/cm <sup>2</sup> )	6,2
Altura Geométrica	(kg/cm <sup>2</sup> )	2,3
Pérdidas de Carga en la Unidad Dosificadora	(kg/cm <sup>2</sup> )	1,0
Pérdidas de Carga (estimadas)	(kg/cm <sup>2</sup> )	2,0
<b>Altura Manométrica de las Bombas</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>11,5</b>

Se dispondrán 2 Electro-Bombas de las siguientes características unitarias:

- Capacidad 435 m<sup>3</sup>/h
- Altura Manométrica 115 mca

### 3.7 Estimación de la Potencia del Motor de cada Bomba

#### 3.7.1 Potencia en el Eje de la Bomba



Para estimar la Potencia requerida en el Eje de la Bomba aplicaremos la siguiente fórmula:

$$P_{eje} = \frac{\rho Q H}{3600 r 75}$$

Siendo:

- $P_{eje}$  = Potencia requerida en el Eje de la Bomba, expresada en CV.  
 $\rho$  = Densidad del Fluido, expresado en kg/m<sup>3</sup>  
 $Q$  = Caudal de la Bomba, expresada en m<sup>3</sup>/h  
 $H$  = Altura Manométrica de la Bomba, expresada en m.c.a..

Estimando un Rendimiento de la Bomba  $r = 0,85$ , y aplicando dicha fórmula resulta:

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

$$P_{\text{eje}} = \frac{1025 \times 435 \times 115}{3600 \times 0,85 \times 75} = 226,5 \text{ CV}$$

### 3.7.2 Potencia del Motor Eléctrico

Estimando un Rendimiento del Motor Eléctrico  $r_m = 0,95$ , y adoptando un Coeficiente de Seguridad **CS=1,1** resulta:

$$P_{\text{me}} = 262,3 \text{ CV} = 192,9 \text{ kw}$$

### 3.8 Especificación Técnica de Demanda de las Electro-Bombas



En la Tabla que se adjunta a continuación, se especifican las características principales de las Bombas de Agua Salada del Sistema de Espuma.

<b>CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS ELECTRO-BOMBAS</b>	
Número de Bombas	2
Tipo de Fluido	Agua Salada
Servicio	Sistema de Contraincendios
Tipo de Bomba	Centrífuga-Vertical
Tipo	Vertical
Capacidad Unitaria Mínima	435 m <sup>3</sup> /h
Altura Manométrica	100 mca
Tipo de Accionamiento	Motor Eléctrico
Tensión	440 V
Frecuencia	60 Hz
Número de Fases	3
Sociedad de Clasificación	Germanischer Lloyd

### 3.9 Determinación del Número de Monitores

El Número Mínimo de Monitores se determinará mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$N_m = \frac{I_c}{0,75 I_1} + 1$$

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

Siendo:

$N_m$  = Número Mínimo de Monitores de Espuma

$l_c$  = Longitud de la Zona de Carga, expresada en m

$l_1$  = Alcance de los Monitores de Espuma, expresado en m

### Observaciones:

- La fórmula anterior supone que en la Cubierta Toldilla se dispondrán 2 Monitores (1 en cada Banda).

Aplicando la fórmula anterior resulta:

$$N_m = \frac{222,13}{0,75 \times 46} + 1 = 7,43$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, por exigencias reglamentarias se deberían disponer 8 Monitores. Sin embargo, y dado que el Buque dispone de **9 Bodegas**, consideramos más conveniente instalar **10 Monitores (2 de ellos instalados en la Cubierta Toldilla)**.

Consecuentemente el Alcance de los Monitores requeridos podría ser inferior al Alcance supuesto anteriormente (46 m). De acuerdo con lo anterior, el Alcance Mínimo de los Monitores podría ser igual a **33 m**.

### 3.10 Capacidad Mínima Unitaria de los Monitores

De acuerdo con las exigencias reglamentarias, la Capacidad Mínima de los Cañones no debe ser inferior al **50% de V**. Por lo tanto, la Capacidad Mínima de los Monitores no será inferior a:

$$C_m = 0,5 \times 1.627,3 = \mathbf{813,7 \text{ gal/min}} = 188,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.11 Selección del Tipo de Tobera a instalar en los Monitores

En la **Fig. 1** que se adjunta a continuación se muestra, en función de la Presión de Alimentación, el Caudal de Solución Espumosa descargado por una serie de 3 Toberas diseñadas para ser instaladas en Monitores de Espuma.

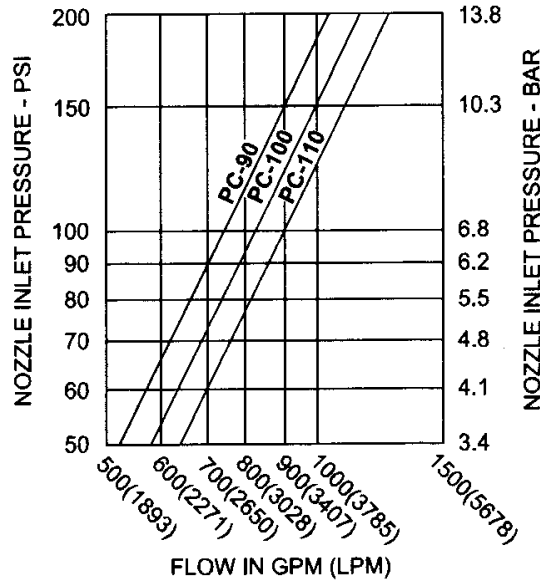


Fig. 1

Utilizando dicho gráfico, a una Presión de Alimentación de  $6,2 \text{ kg/cm}^2$  (90 psi), se obtienen los siguientes Caudales:

Tipo de Tobera	Caudal gal/min	Caudal $\text{m}^3/\text{h}$	Validez
PC-90	700	162,4	Insuficiente
PC-100	780	181,0	Insuficiente
<b>PC-110</b>	<b>860</b>	<b>199,5</b>	<b>Satisfactorio</b>

**Observaciones:**

1. El Caudal Mínimo Requerido es de  $188,8 \text{ m}^3/\text{h}$  (813,7 gal/min)
2. Las Toberas PC-90 y PC-100 no cumplimentan el Requisito de Capacidad.

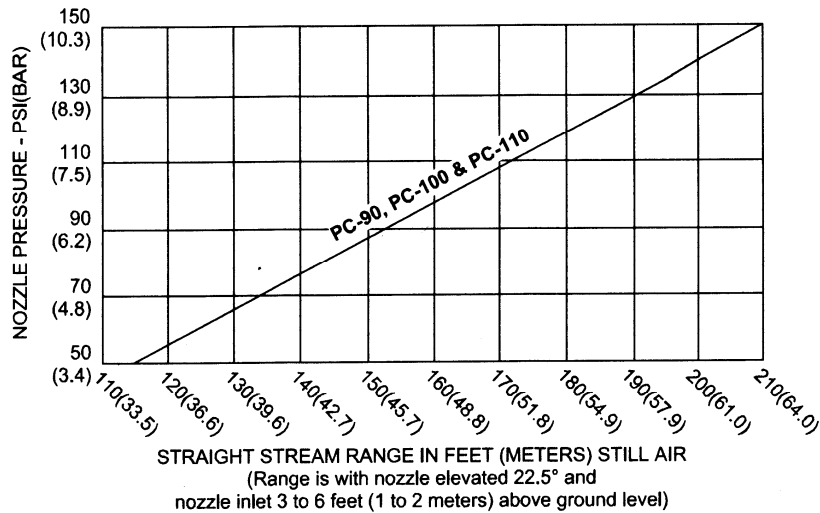
En la Fig. 2 que se adjunta a continuación se muestra, en función de la Presión de alimentación, el Alcance de las 3 Toberas antes mencionadas.



**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimientos de Diseño**



<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>
-------------------	--	---------------------



Utilizando dicho gráfico, a una Presión de Alimentación de **6,2 kg/cm<sup>2</sup>** (90 psi), se obtienen los siguientes Alcances:

Tipo de Tobera	Alcance m	Validez
PC-90	46	Satisfactorio
PC-100	46	Satisfactorio
<b>PC-110</b>	<b>46</b>	<b>Satisfactorio</b>

**Observaciones:**

- 1. El Alcance Mínimo Requerido, instalando 10 Monitores, es de 33 m.**
- 2. Todas las Toberas cumplimentan el Requisito de Alcance.**

A la vista de los resultados obtenidos se toma la decisión de seleccionar la Tobera Tipo **PC-110**.

**3.12 Características de los Monitores**



Los Monitores estarán provistos de los medios necesarios para poder ser controlados a distancia desde la posición que se considere más conveniente y acordada con el Armador del Buque (Cámara de Control de Carga, Puente de Gobierno, etc.).

El Sistema de Telemando será del tipo Hidráulico, con una Presión de Trabajo no superior a **70 kg/cm<sup>2</sup>**.

Adicionalmente los Monitores estarán provistos de Accionamiento Manual.

Los Monitores serán instalados, sobre plataformas de altura adecuadas, en las siguientes ubicaciones:



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

- 2 en la Cubierta Toldilla
- 8 en la Cubierta Principal en las Zonas entre Escotillas (Tipo “**Side Rolling**”).

En la Tabla que se incluye a continuación se especifican las características principales de los Monitores.

<b>Características de los Monitores</b>	
Caudal Mínimo de Descarga de Solución Espumosa de las Toberas	200 m <sup>3</sup> /h (860 gal/min) a la Presión de Alimentación de 6,2 kg/cm <sup>2</sup> (90 psi)
Alcance Mínimo de Descarga de Espuma de las Toberas	45 m (aprox.) a la Presión de Alimentación de 6,2 kg/cm <sup>2</sup> (90 psi)
Angulo Máximo de Elevación	90° sobre la horizontal
Angulo Máximo de Depresión	45° sobre la horizontal
Angulo de Rotación	360° (continuo)
Velocidad Mínima de Rotación	10° por segundo
<b>Características de los Materiales</b>	
Cuerpo	Fundición de Latón (ASTM B584 o similar)
Juntas Giratorias	“
Cojinetes de Bolas	Bronce (Grado #1)
Aros de Estanqueidad	Buna N70
Engranajes	Latón y Acero Cromado
Guarniciones	Acero Inoxidable ASTM A276
Motor Hidráulico	Acero revestido de Epoxy
Muelles	Acero Inoxidable
Cartabones de los Muelles	Acero Inoxidable
Revestimiento de Acabado	Pintura de Poliuretano Rojo

### 3.13 Determinación de las Características de las Bombas de Espuma



#### 3.13.1 Tipo de Bomba

La Bomba de Espuma, como es usual en este tipo de Sistemas, será de “Desplazamiento Positivo”, y estará accionada eléctricamente.

#### 3.13.2 Caudal

El Caudal Unitario de las Bombas de Espuma se determinará mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q_{be} = k Q_{bas}$$

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

Siendo:

$Q_{be}$  = Caudal de la Bomba de Espuma, expresado en  $m^3/h$

$k$  = Relación Líquido Espumógeno/Agua Salada

$Q_{bas}$  = Caudal de la Bomba de Agua Salada, expresado en  $m^3/h$

Adoptando un Coeficiente  $k= 0,03$ , y aplicando la fórmula anterior resulta:

$$Q_{be} = 0,03 \times 435,3 = 13,05 \text{ m}^3/h = 56,2 \text{ gal/min}$$

### Observaciones:

**1. La Relación Líquido Espumógeno/Agua Salada en los Sistemas de Baja Expansión se sitúa entre el 3% y el 6%.**

#### 3.13.3 Altura Manométrica

Con el fin de posibilitar la inyección del Líquido Espumógeno en el Colector de Agua Salada, la Presión de Descarga de la Bomba de Espuma debe ser superior a la presión existente en el punto de descarga de la Bomba a dicho Colector.

El requisito mencionado anteriormente puede ser cumplimentado adoptando una Altura Manométrica de **12,0 kg/cm<sup>2</sup>**.



#### 3.13.4 Número de Bombas de Espuma

La Reglamentación vigente aplicable no requiere, explícitamente, la instalación de más de una Bomba de Espuma.

La Bomba de Espuma es un **componente crítico, o de vital importancia**, de un Sistema tan importante para la Seguridad como lo es el Sistema de Espuma en los Buques Petroleros, Quimiqueros y OBO'S. Por lo tanto requiere un **dimensionamiento muy cuidadoso**, y una gran atención a lo largo de todo el Ciclo de Vida del Buque, especialmente durante su Operación y Mantenimiento.

Por este motivo consideramos conveniente incluir las siguientes consideraciones:

- A.** Con el Caudal obtenido anteriormente (**15 m<sup>3</sup>/h**) podríamos suministrar la proporción adecuada de Espuma si se utilizan Espumas con una **“Relación de Líquido Espumógeno/Agua”** igual, o inferior, al **3%**. Este tipo de Espuma de Baja Expansión constituye, en la actualidad, el más frecuentemente utilizado a bordo de los Buques.
- B.** Sin embargo si en el futuro resultase más conveniente utilizar Espumas de una **“Relación de Líquido Espumógeno/Agua”** superior (del 5% por ejemplo), la Bomba no sería capaz de suministrar la cantidad de Espuma requerida para un funcionamiento óptimo del

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

Sistema. Este hecho supone una limitación relevante y, por lo tanto, la determinación del Caudal de la Bomba merece ser objeto de un análisis más profundo.

C. Dado que el correcto funcionamiento de dicha Bomba es de vital importancia para operación del Sistema de Espuma y, por lo tanto, para la Seguridad del Buque, consideramos conveniente instalar **2 Bombas de Espuma**, dispuestas en Paralelo. Esta configuración presenta las siguientes ventajas.

- Se incrementaría la Fiabilidad del Sistema y por lo tanto la Seguridad.
- Permitiría la utilización de Espumas con una “**Relación Líquido Espumógeno/Agua Salada**” de hasta el **6%**.

Consideramos que el incremento de Coste que supone la instalación de 2 Bombas, en lugar de 1, queda ampliamente justificada por el aumento de la Seguridad del Buque.

### 3.14 Dimensionamiento del Tanque de Líquido Espumógeno

De acuerdo con las exigencias reglamentarias el Tanque de Líquido Espumógeno debe tener, como mínimo, una capacidad suficiente para alimentar el Sistema durante el tiempo que se especifica a continuación:

- Buques provistos de Sistema de Gas Inerte **20 minutos**
- Buques no provistos de Sistema de Gas Inerte **30 minutos**

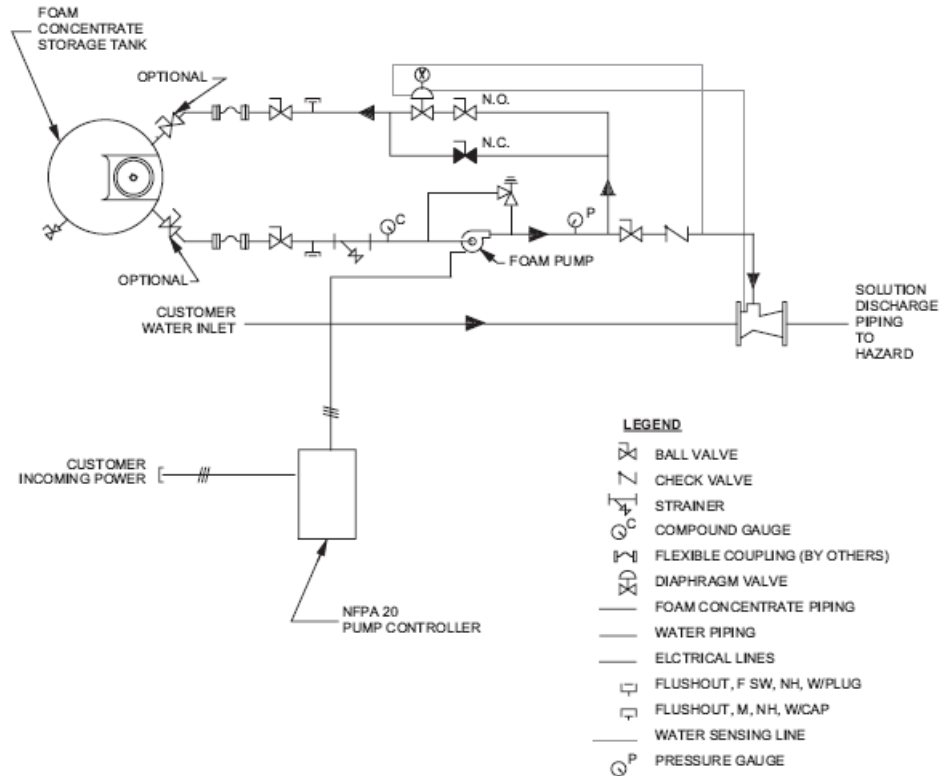
El Buque objeto de los presentes Cálculos tiene un Peso Muerto superior a **20.000 TPM**, y por lo tanto debe estar provisto de un Sistema de Gas Inerte.

Por consiguiente, la Capacidad Mínima Requerida de dicho Tanque será:

$$V = 15/3 = 5,00 \text{ m}^3$$

### 3.15 Selección del Método de Dosificación de Espuma (“Foam Proportioning” Method)

En el supuesto de que el Sistema de Espuma sea independiente del Sistema General de Incendios, consideramos que el Método más adecuado a utilizar en un **OBO de 140.000 TPM** es el de “**Presión Equilibrada**” (“Balanced Pressure” Type).



### Balanced Pressure Type (Back Pressure Balancing Method)



Este Tipo de Dosificación de la Espuma está constituido por los elementos principales siguientes:

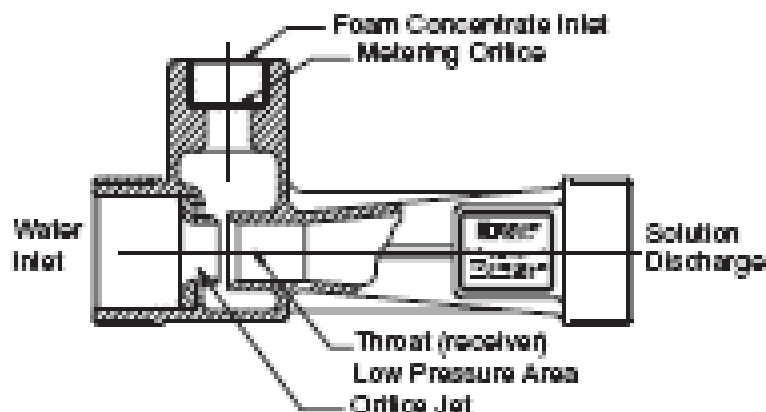
- Bomba de Espumógeno
- Válvula de Control
- Unidad Dosificadora (“Proportioner Unit”)

La **Bomba** tiene la misión de aspirar el Líquido Espumógeno existente en el Tanque y descargarlo a la Unidad Dosificadora.

La **Válvula de Control** tiene la misión de adecuar la Presión de descarga de la Bomba de Espumógeno a la Presión del Agua Salada.

La **Unidad Dosificadora**, instalada en el Colector de Agua Salada, utiliza el “**Efecto Venturi**” y tiene como misión proporcionar, en función del Caudal de Agua Salada, la cantidad requerida de Líquido Espumógeno.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>



Cuando fluye el Agua a través del “Venturi” se origina una reducción de presión que es función del Caudal de Agua Salada, creándose, a su vez, una depresión diferencial a través de un “orificio de dosificación”. De esta forma se consigue que la cantidad de Líquido Espumógeno suministrado al flujo de Agua sea proporcional al Caudal de Agua Salada.

### 3.16 Aplicadores de Espuma

En la Zona de Carga de dispondrán Bocas adecuadas para la conexión de los Aplicadores de Espuma. El número y posición de las Bocas deberá cumplimentar los requisitos necesarios para asegurar que cualquier área de la Zona protegida pueda ser alcanzada, por 2 Aplicadores (como mínimo).

El Buque estará provisto de un mínimo de **4 Aplicadores de Espuma**.

### 3.17 Red de Tuberías

#### 3.17.1 Tuberías de Agua Salada y de Solución Espumosa

##### Material

Las Tuberías de A.S. serán de **Acero ST 33.2** o similar.

#### 3.17.2 Diámetro de las Tuberías

En las Tablas que se incluyen a continuación se especifica lo siguiente:

- Los Diámetros de las Tuberías de Acero normalizadas en un Astillero.
- Las Velocidades de Diseño adoptadas en función del Diámetro de las Tuberías Normalizadas.
- Los Caudales Admisible en las Tuberías Normalizadas.



**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimientos de Diseño**



**E.U.I.T.N.**



**Sistema de Espuma de Baja Expansión**

**Octubre 2008**

<b>CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA</b>									
<b>TUBERIAS DE ASPIRACION</b>									
<b>Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso</b>									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad Del v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	0,9	28,0	1,7
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,1	87,1	5,2
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	1,3	157,8	9,5
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	1,6	472,3	28,3
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	1,8	901,6	54,1
150	6	168,3	5,6	157,1	19.384	1,9384	2,2	2.564,0	153,8
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	2,5	4.870,6	292,2
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	2,8	8.748,3	524,9
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9
450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

<b>CAUDALES EN TUBERIAS DE AGUA SALADA</b>									
<b>TUBERIAS DE DESCARGA</b>									
<b>Tubería de Acero Normalizada - Espesor Grueso</b>									
Diámetro Nominal DN mm	Diámetro Nominal DN pulg.	Diámetro Exterior de mm	Espesor Tubo e mm	Diámetro Interior di mm	Sección Interior S mm <sup>2</sup>	Sección Interior S dm <sup>2</sup>	Velocidad del Fluido v m/s	Caudal	
								Q l/min	Q m <sup>3</sup> /h
25	1	33,7	4,0	25,7	519	0,0519	1,5	46,7	2,8
40	1 1/2	48,3	4,0	40,3	1.276	0,1276	1,9	145,2	8,7
50	2	60,3	4,5	51,3	2.067	0,2067	2,1	263,1	15,8
80	3	88,9	5,0	78,9	4.889	0,4889	2,7	787,2	47,2
100	4	114,3	5,6	103,1	8.348	0,8348	3,0	1.502,7	90,2
150	6	168,3	5,6	157,1	19.384	1,9384	3,0	3.489,1	209,3
200	8	219,1	8,8	201,5	31.889	3,1889	3,0	5.740,0	344,4
250	10	273,0	8,8	255,4	51.231	5,1231	3,0	9.221,6	553,3
300	12	323,9	8,8	306,3	73.686	7,3686	3,0	13.263,4	795,8
350	14	355,6	12,5	330,6	85.841	8,5841	3,0	15.451,4	927,1
400	16	406,4	12,5	381,4	114.249	11,4249	3,0	20.564,8	1.233,9



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

450	18	457,0	12,5	432,0	146.574	14,6574	3,0	26.383,3	1.583,0
500	20	508,0	12,5	483,0	183.225	18,3225	3,0	32.980,5	1.978,8

Utilizando las Tablas anteriormente citadas resultan los siguientes Diámetros Comerciales (Normalizado):

Tramo de Tubería	Caudal Q m <sup>3</sup> /h	Diámetro DN mm	Diámetro DN pulg.
Colector de Aspiración de A.S.	435	250	10
Colector de Descarga de A.S.	435	250	10
Ramales Alimentación Monitores	215	150	6
Ramal Alimentación de 2 Aplicadores	54	80	3
Ramal Alimentador de 1 Aplicador	27	50	2

### 3.17.3 Tratamiento Anticorrosivo

Las Superficies Interiores de las Tuberías de Agua Salada y de Solución Espumosa estarán provistas del Tratamiento Anticorrosivo que se especifica en la Tabla siguiente:

Tratamiento Anticorrosivo – Superficies Internas	
Tubería de DN > 200 mm	2 Capas de “Coal-Tar Epoxy” de 125 micras c/u
Tubería de DN >= 200 mm	Galvanizado

Las Superficies Externas de las Tuberías antes citadas estarán provistas de un Tratamiento Anticorrosivo similar al de las Superficies circundantes.

### 3.17.4 Válvulas



En la Red de Tuberías de Agua Salada y de Solución Espumosa se instalarán los siguientes tipos de Válvulas:

Tramo	Tipo de Válvula	Materiales	
		Cuerpo	Guarniciones
Colector de Aspiración Bombas	Mariposa	Bronce	Acero Inoxidable
Colector de Descarga Bombas	Cierre y Retención	Bronce	Bronce
Colector de Descarga a Local Espuma	Globo	Bronce	Bronce
Colector de Cubierta	Globo	Bronce	Bronce
Ramales Alimentación de Monitores	Mariposa	Bronce	Acero Inoxidable
Ramal Alimentación de Aplicadores	Globo	Bronce	Bronce

**Observación:**



1. Las Válvulas de Alimentación de los Monitores estarán provistas de:

- Dispositivos de Telemando accionados hidráulicamente
- Mando Manual (Local)

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de Espuma de Baja Expansión</b>	<b>Octubre 2008</b>

### 3.17.5 Tubería de Líquido Espumógeno

Las Tuberías de Líquido Espumógeno serán de Acero Inoxidable **AISI 316**.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

## 4. Sistema de CO<sub>2</sub>

### 4.1 Objetivo

El presente Procedimiento tiene como objetivo describir el Proceso de Cálculo del “**Sistema Fijo de Extinción de Incendios por CO<sub>2</sub>**”, a instalar en un Buque tipo “**Bulk-Carrier**” de **80.000 TPM**, destinado a la Protección Contra incendios de la **Cámara de Máquinas** del mismo.

### 4.2 Datos de Entrada de Diseño

En la Tabla que se incluye a continuación se especifican los Datos de Entrada de Diseño.

Dimensiones del Buque			Volumen Bruto de la C <sup>a</sup> de Máquinas	
Eslora Lpp m	Manga B m	Puntal D m	Guardacalor Parcial V <sub>1</sub> m <sup>3</sup>	Guardacalor Total V <sub>2</sub> m <sup>3</sup>
243,00	32,20	19,70	7.200	8.100

### 4.3 Normativa Aplicada



Los Cálculos que se describen en el presente Procedimiento 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**”.

### 4.4 Selección del Tipo de Sistema Fijo de Extinción de Incendios por CO<sub>2</sub>

Entre los distintos tipos existentes de Sistemas Fijos de Extinción de Incendios por CO<sub>2</sub> podemos distinguir los siguientes:

- Sistemas de Alta Presión
  - Sistemas de Inundación Total
  - Sistemas de Aplicación Local
- Sistemas de Baja Presión
  - Sistemas de Inundación Total
  - Sistemas de Aplicación Local

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

Dadas las características del Buque objeto del presente diseño, así como las del Espacio a proteger, elegimos un **Sistema de Alta Presión y de Inundación Total**.

#### 4.5 Cantidad Mínima de CO<sub>2</sub> Requerida

El Peso Mínimo de CO<sub>2</sub> requerido será superior al mayor valor obtenido mediante la aplicación de las siguientes expresiones:

$$W_1 = \frac{0,40 V_1}{0,56} \quad (1)$$

$$W_2 = \frac{0,35 V_2}{0,56} \quad (2)$$

Siendo:

$W_1, W_2$ , = Pesos Mínimos Requeridos de CO<sub>2</sub>, expresados en kg.

$V_1$  = Volumen Bruto de la Cámara de Máquinas incluyendo **parcialmente** el Guardacalor, expresado en m<sup>3</sup>.

$V_2$  = Volumen Bruto de la Cámara de Máquinas incluyendo **totalmente** el Guardacalor, expresado en m<sup>3</sup>.

Aplicando las expresiones antes citadas resulta:

$$W_1 = \frac{0,40 \times 7.200}{0,56} = 5.143 \text{ kg}$$

$$W_2 = \frac{0,35 \times 8.100}{0,56} = 5.063 \text{ kg}$$

$$W = \text{MAX} (W_1, W_2) = 5.143 \text{ kg}$$

$$\mathbf{W = 5.143 \text{ kg}}$$



### 4.6 Determinación del Número Mínimo de Botellas de CO<sub>2</sub>

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

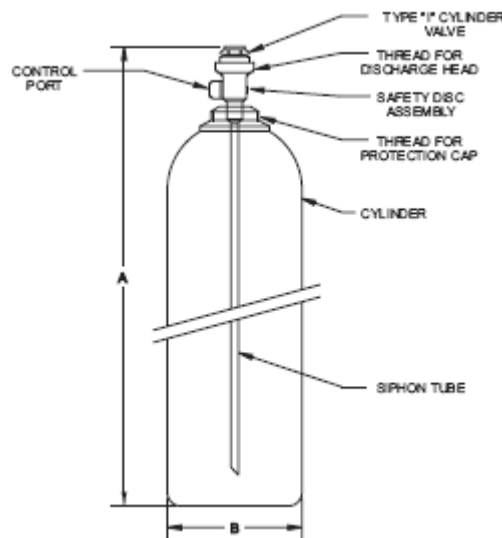
$$N = \frac{W}{w}$$

Siendo:



- N = Número Mínimo de Botellas de CO<sub>2</sub>.
- W = Peso de CO<sub>2</sub> Mínimo Requerido, expresado en kg.
- w = Peso de CO<sub>2</sub> contenido en cada Botella, expresado en kg.

Seleccionando Botellas de 45 kg de CO<sub>2</sub> y aplicando la expresión anterior resulta:

$$N = \frac{5.143}{45} = 114,3 = 115 \text{ Botellas}$$



PART NUMBER	CYLINDER	VALVE TYPE	A	B
870287	75 lb.	5/8"	60.0"	9.25"
870269	100 lb.		62.0"	10.50"

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

#### 4.7 Cálculo del Peso Total de las Botellas Cargadas de CO<sub>2</sub>

El Peso de una Botella de CO<sub>2</sub> vacía es de, aproximadamente, 85 kg y 130 llena. Por lo tanto, el Peso Total de las Botellas será:

$$P = 115 \times 130 = 14.950 \text{ kg.}$$

#### 4.8 Superficie Mínima requerida para la Instalación de las Botellas de CO<sub>2</sub>

La Superficie ocupada por las Botellas de CO<sub>2</sub> puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$S = N D^2$$

Siendo:

S = Superficie ocupada por las Botellas, expresada en m<sup>2</sup>

N = Número de Botellas

D = Diámetro de las Botellas, expresado en m

Dado que las Botellas de CO<sub>2</sub>, de 45 kg de Carga suelen tener un diámetro de 270 mm aproximadamente, resulta:

$$S = 115 \times 0,27^2 = 8,38 \text{ m}^2$$



#### 4.9 Requisitos relativos a las Botellas de CO<sub>2</sub>

- Las Botellas no se llenarán con más de 2 kg de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>), y firmemente ancladas.
- Cada Botella deberá conectarse al “Manifold” a través de una Válvula de “No Retorno”.
- Si la conexión de las Botellas al “Manifold” se realizase mediante “Mangueras”, éstas deben ser de un tipo aprobado por la Sociedad de Clasificación.

#### 4.10 Requisitos relativos al Local de CO<sub>2</sub>

- El Local de CO<sub>2</sub> debe estar situado a Popa del Mamparo de Colisión y, a ser posible, en la Cubierta Principal.



	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

- 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 CO<sub>2</sub> con los Espacios de Maquinaria.
- Tampoco está permitida la comunicación directa, a través de Puertas o aberturas similares, del Local de CO<sub>2</sub> con Espacios de Acomodación situados debajo de la Cubierta Principal.
- El tamaño del Local de CO<sub>2</sub>, 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.
  - Comprobar la Cantidad de CO<sub>2</sub> existente en la Botellas, independientemente de la Temperatura Ambiente.
- El Local de CO<sub>2</sub> debe poder cerrarse, y las Puertas del mismo deben abrir “hacia fuera”.
- Los Mamparos y Cubiertas que limitan el Local de CO<sub>2</sub>, así como las Puertas o cualquier otro medio de Cierre, deben ser “Estancas al Gas”.
- El Local de CO<sub>2</sub> debe ser utilizado exclusivamente para la instalación de las Botellas y de los componentes asociados a las mismas.
- El Local de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> debe estar provisto de:
  - Ventilación adecuada (6 Renovaciones/Hora como mínimo).
  - Calefacción capaz de mantener, en su interior, una Temperatura Mínima de 20° C.



#### **4.11 Requisitos relativos a la Red de Tuberías**

- El material de las Tuberías debe ser soldable.
- El Manifold 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 CO<sub>2</sub> 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.



**Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques.  
Procedimientos de Diseño**





<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>
-------------------	----------------------------------	---------------------

- 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 CO<sub>2</sub>.
- 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 Manifold 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 CO<sub>2</sub>. A estos efectos, y como valores de referencia puede utilizarse la Tabla que se incluye a continuación

**Design of quick-flooding lines**

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

**Fuente: Reglamento del "Germanischer Lloyd"**

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>



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

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

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

**Fuente: Reglamento del “Germanischer Lloyd”**

- 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 CO<sub>2</sub> no están obturadas.
  - Posibilitar el Soplado de las Tuberías de CO<sub>2</sub>.
- 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/cm<sup>2</sup>.
- Las Tuberías de CO<sub>2</sub> no deben atravesar Espacios Refrigerados.
- Se debe evitar que las Tuberías de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> que atraviesen Tanques de Lastre deberán ser soldadas totalmente, y de Espesor extragrueso, 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: “Manifolds” con Válvulas de Distribución), los mencionados tramos deberán estar provistos de **“Válvulas de Alivio”**.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

- Las descargas de las Válvulas de Alivio antes citadas deben conducirse hasta la Cubierta de Intemperie.

## 4.12 Dimensionamiento de la Red de Tuberías

Los diámetros de las Tuberías, el número de Toberas de CO<sub>2</sub>, y las capacidades de descarga de dichas Toberas, deben ser adecuados para permitir la descarga del 85% de las Botellas de CO<sub>2</sub> en un tiempo no superior a **2 minutos**.

Se deberán realizar los Cálculo pertinentes para determinar lo siguiente:

- Los Caudales de CO<sub>2</sub> que han de circular por cada Tramo de Tubería durante el proceso de descarga del Sistema.
- Las cantidades de CO<sub>2</sub> descargadas por cada Tobera.
- El Tiempo de Descarga.

Dada la complejidad que presentan dichos Cálculos, la Sociedad de Clasificación “Germanischer Lloyd” exige la utilización de una Técnica de Cálculo reconocida. (por ejemplo: Programa de Cálculo de la “NFPA”).



En la siguiente tabla encontramos el grosor a utilizar en los tubos del sistema de CO<sub>2</sub>

### Minimum Pipe Wall Thickness of Gas Medium Distribution Piping

Nominal Bore, mm	OD mm	A mm	B mm	Nominal Bore inch	OD inch	A inch	B Inch
15	21.3	2.8	2.6	1/2	0.840	0.110	0.102
20	26.9	2.8	2.6	3/4	1.050	0.110	0.102
25	33.7	4.0	3.2	1	1.315	0.157	0.126
32	42.4	4.0	3.2	1 1/4	1.660	0.157	0.126
40	48.3	4.0	3.2	1 1/2	1.9	0.157	0.126
50	60.3	4.5	3.6	2	2.375	0.177	0.142
65	76.1	5.0	3.6	2 1/2	2.875	0.197	0.142
80	88.9	5.5	4.0	3	3.5	0.220	0.157
90	101.6	6.03	4.0	3 1/2	4.0	0.248	0.157
100	114.3	7.1	4.5	4	4.5	0.280	0.177
125	139.7	8.0	5.0	5	5.563	0.315	0.197
150	168.3	8.8	5.6	6	6.625	0.346	0.220

Notes:

- 1 The above minimum thicknesses are derived from those thicknesses available in ISO 4200 Series 1 (OD), JIS (N.P.S.), or ASTM (N.P.S.). Diameter and thickness according to other recognized standards will be accepted. Accordingly, slight variations in the minimum wall thickness may be considered if the minimum wall thickness values from the standard to which the pipe is manufactured do not match up directly with the tabulated values.
- 2 For threaded pipes, where approved, the thickness is to be measured to the bottom of the thread. This item is very important to check during the plan review stage.
- 3 The internal surface of pipes outside the engine room is to be galvanized and should also be verified during plan review.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

#### 4.13 Válvulas Distribuidoras

Las Válvulas Distribuidoras deberán cumplimentar los siguientes requisitos:



- Normalmente deberán permanecer cerradas.
- Deberán ser instaladas en el exterior de los espacios a proteger y en lugares fácilmente accesibles.
- Deben estar protegidas, de forma eficaz, contra la actuación “No Autorizada” o “No Intencionada”.
- Deben estar provistas de un Rótulos Indicador del Espacio que protege la Tubería de CO<sub>2</sub> en la que se encuentra instalada.
- Deben estar provistas, en un lugar bien visible, de un Indicador de la Posición de la Válvula (“Abierta” - “Cerrada”).

#### 4.14 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.





	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

- En el Local de CO<sub>2</sub> se deberá disponer un Dispositivo de Disparo de Emergencia.

#### 4.15 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 CO<sub>2</sub>, que se va a producir la descarga inminente del mismo.
- Entre el instante en que se active la Alarma y el instante en el que se produzca el disparo de las Botellas debe transcurrir un tiempo que permita la evacuación de todas las personas existentes en el espacio protegido. El tiempo antes citado no debe ser inferior a **20 segundos**.
- El Sistema de Alarma debe ser diseñado de forma que no resulte posible que se produzca la inundación del espacio protegido antes de que transcurra el tiempo antes citado.
- El Sistema de Alarma debe activarse al producirse la apertura de la puerta del Armario de Disparo, y se 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.

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

## 5. PRESUPUESTO Sistema de CO<sub>2</sub>

En la Industria de la Construcción Naval las tareas relacionadas con la Elaboración de los Presupuestos son de extraordinaria importancia por las razones que exponemos a continuación:

- Una estimación **excesivamente alta** del Coste puede imposibilitar al Astillero la contratación del Buque, o a la Empresa Auxiliar la venta de sus productos.
- Una estimación **excesivamente baja** del Coste puede dar lugar a importantes pérdidas financieras, que, en ocasiones, podrían situar a las Empresas antes citadas en situaciones de posible bancarrota.



Por lo tanto el Proceso de Estimación del Coste debe realizarse con el mayor rigor y la mayor exactitud posibles, reduciendo al mínimo factible las incertidumbres inherentes a este Proceso.

A estos efectos resulta estrictamente necesario el disponer de la suficiente información técnica y económica. Desgraciadamente no resulta nada fácil la obtención, en el momento adecuado, de dicha información con el nivel de detalle requerido. La elaboración de un Presupuesto constituye, pues, una tarea bastante compleja que obligan a los responsables del mismo a la superación de una serie de obstáculos, entre los cuales destacaremos los siguientes:

- Falta de Información Técnica adecuada como consecuencia de un grado insuficiente de Desarrollo del Proyecto.
- Falta de Información Económica actualizada por parte de los Suministradores y Subcontratistas.
- Incertidumbres en la evolución de los Precios de los Materiales y de los Costes de la Mano de Obra.
- Participación necesaria, o conveniente, de varios Departamentos (Técnico, Compras, Administrativo, Producción etc. ) y Empresas Auxiliares.
- Secretismo, Deficientes canales de Comunicación etc.

Somos, pues, conscientes de que una Estimación rigurosa del Coste de los Sistemas de Extinción de Incendios abordados en el presente Proyecto requiere una mayor definición técnica de los Sistemas antes citados, y una información de Precios, por parte de los Suministradores, actualizada y fiable.

Sin embargo hemos considerado conveniente realizar una Estimación del Coste correspondiente al “**Sistema de Extinción de Incendios por CO<sub>2</sub>**” que se incluye a continuación:

	<b>Sistemas de Extinción de Incendios a bordo de los Buques. Procedimientos de Diseño</b>	
<b>E.U.I.T.N.</b>	<b>Sistema de CO<sub>2</sub></b>	<b>Octubre 2008</b>

Item Nº	Concepto	Nº	Coste Unitario €	Coste Total €
<b>Materiales</b>				
1	Botellas de 67 Lts. de Capacidad <b>(1)</b>	115	515,00	59.740,00
2	Anhídrido Carbónico (kg de CO <sub>2</sub> ) <b>(2)</b>	5.220	1,00	5.220,00
3	Colectores de CO <sub>2</sub>	2	3.900,00	7.800,00
4	Red de Tuberías	1	6.000,00	6.000,00
5	Difusores de CO <sub>2</sub>	50	60,00	3.000,00
6	Latiguillos de Descarga	116	20,00	2.320,00
7	Abarcones	150	2,00	300,00
8	Herrajes Fijación de las Botellas	232	16,00	3.712,00
9	Sistema Centralizado de Control de Peso	1	35.000,00	35.000,00
10	Equipamiento Eléctrico	1	3.500,00	3.500,00
11	Materiales Varios	1	2.500,00	2.500,00
<b>Coste Total Materiales</b>				<b>129.092,00</b>
<b>Mano de Obra</b>				
1	Ingeniería	50	30,00	1.500,00
2	Transporte e Instalación de Botellas	600	25,00	15.000,00
3	Trabajos de Soldadura	60	25,00	1.500,00
4	Montaje Red de Tuberías	130	25,00	3.250,00
<b>Coste Total Mano de Obra</b>				<b>21.250,00</b>
<b>Coste Total</b>				<b>150.342,00</b>
<b>Observaciones</b>				
1. Este concepto incluye las Válvulas y los Latiguillos de Disparo				
2. Las Botellas pueden contener un Peso Máximo de <b>50 kg</b> de CO <sub>2</sub> .				



