

TFC: ANÁLISIS DEL PROCESO DE EVACUACIÓN Y ABANDONO DE UN BUQUE RO-PAX



Director: Santiago Ordás Jiménez

Autores: Joan Arnau Bataller Sabaté

Sergi Azón Lluch

Diplomatura en Máquinas Navales

Barcelona, Mayo de 2012



Facultat de Nàutica de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



Índice

Página

Índice de contenidos.....	4
1. Introducción.....	8
2. Evolución de la normativa según histórico de accidentes.....	17
2.1. El hundimiento del Titanic y los inicios del SOLAS.....	17
2.1.1. Historia del accidente.....	17
2.1.2. Los comienzos del SOLAS y su evolución.....	21
2.2. El desastre del Herald of Free Enterprise y la respuesta legislativa de la OMI.....	34
2.2.1. Historia del accidente.....	34
2.2.2. Respuesta legislativa de la OMI.....	40
2.3. El incendio del MS Scandinavian Star y la respuesta legislativa de la OMI.....	45
2.3.1. Desarrollo del incendio.....	45
2.3.2. Respuesta legislativa de la OMI.....	53
2.4. La tragedia del Estonia y la respuesta legislativa de la OMI.....	56
2.4.1. Historia del accidente.....	56
2.4.2. Respuesta legislativa de la OMI.....	62
3. Análisis de la normativa actual.....	65
3.1. Normativa de la OMI a través del Código MSC.....	65
3.1.1. Método de evaluación para el análisis simplificado de la evacuación.....	66
3.1.2. Método de evaluación para el análisis perfeccionado de la evacuación.....	74
3.1.3. Actualización de los métodos de evaluación a través de la Circular 1238.....	79
3.1.4. Circular 1136 sobre seguridad durante el abandono del buque por medio de botes salvavidas.....	82
3.2. Normativa de la Unión Europea.....	84
3.3. Normativa en el Estado Español.....	87
3.3.1. Definiciones.....	87
3.3.2. Disposiciones para buques de pasaje.....	87
3.3.3. Disposiciones para buques de pasaje de transbordo rodado.....	95
3.3.4. Disposiciones para la reunión y el embarco en las embarcaciones de supervivencia en buques de pasaje.....	97
3.3.5. Disposiciones para la reunión y el embarco en las embarcaciones de supervivencia en buques de pasaje de transbordo rodado.....	98
3.3.6. Disposiciones para determinar Zonas de aterrizaje y de evacuación para helicópteros.....	101
3.3.7. Disposiciones para determinar el empleo de instrucciones de emergencia.....	101
3.3.8. Disposiciones para determinar la formación y ejercicios periódicos relativos al abandono del buque.....	102
4. Análisis del plan de evacuación del buque Ro-Pax “Martín i Soler”	104
4.1. Generalidades del “Martín i Soler”	104
4.2. Dispositivos de salvamento y evacuación.....	106
4.2.1. Botes salvavidas.....	106
4.2.2. Botes de rescate y medios de evacuación (M.O.R.).....	107
4.2.3. Sistemas de evacuación marina M.E.S.....	108
4.3. Análisis de las zonas de estudio.....	110



4.3.1. Divisió de zones verticals principals.....	111
4.3.2. Cubierta 7.....	112
4.3.3. Cubierta 8.....	117
4.3.4. Cubierta 9.....	120
4.4. Anàlisi del plan de evacuació.....	123
4.4.1. Anàlisi del Caso 2.....	123
4.4.2. Evacuació hasta los puestos de embarque.....	157
4.4.3. Cumplimiento de la normativa actual.....	160
5. Conclusiones.....	163
6. Bibliografía.....	166



Índice de contenidos

Foto	Descripción	Fuente	Página
1	El Titanic zarpando de Southhampton.	<i>en.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	17
2	El Capitán Edward John Smith.	<i>en.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	17
3	Posible iceberg causante de la colisión.	<i>es.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	18
4	Primera secuencia del impacto con el iceberg por la amura de Er.	<i>de.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	19
5	Posterior secuencia del impacto con el iceberg debido al temprano viraje hacia estribor que abrió las chapas del mismo costado.	<i>de.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	19
6	Detalle de la abertura producida por el iceberg en las chapas del Titanic.	<i>es.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	19
7	Bote D plegable del tipo Englehardt, con el detalle de que los costados eran de lona.	<i>en.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	20
8	Ruta del Titanic, el punto y las coordenadas del lugar de su hundimiento.	<i>en.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	21
9	El RMS Carpathia atracando en Nueva York con los supervivientes del naufragio.	<i>es.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	21
10	Portada de prensa sobre el naufragio con las primeras cifras de fallecidos y supervivientes.	<i>es.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	22
11	Primer convenio SOLAS del 20 de Enero de 1914.	<i>es.wikipedia.org/wiki/RMS_Titanic</i>	24
12	El ferry Herald of Free Enterprise en navegación.	<i>www.grijalvo.com/Batracius/Herald.html</i>	34
13	Disposición general del Herald of Free Enterprise.	<i>www.dcs.gla.ac.uk/~johnson/image_map/ship/Herald_map.html</i>	35
14	Gráfico del efecto "squat" en un mercante en aguas poco profundas.	<i>es.wikipedia.org/wiki/</i>	37
15	Posición de equilibrio en la que permaneció el Ferry después de la gran escora.	<i>www.nvento.nl/fotos/192236/1987_gkapseisde_heral_of_free.html</i>	38
16	Reflotamiento y recuperación del Herald of Free Enterprise meses después del siniestro.	<i>news.sky.com/home/world_news/article/16149117</i>	40
17	El Scandinavian Star en navegación.	<i>www.simplonpc.co.uk/SeaEscape.html</i>	45
18	Distribución de cubiertas del Scandinavian Star.	<i>SWECO Fire Protection Engineering and Risk Management</i>	45
19	Planta de la cubierta 2 del Scandinavian Star donde se aprecia la división de los 3 mamparos principales de acero A-60 resaltados con un grosor mayor.	<i>SWECO Fire Protection Engineering and Risk Management</i>	46
20	Foco de ignición del primer incendio extinguido, se puede apreciar en la imagen derecha el trozo de cartón usado para iniciar el fuego en la ropa de cama.	<i>SWECO Fire Protection Engineering and Risk Management</i>	47
21	Pasillo de estribor de la cubierta 3 donde se inició el segundo y principal incendio a popa de la escalera 2 Er, en la imagen izquierda se aprecia la puerta abierta del camarote 219.	<i>SWECO Fire Protection Engineering and Risk Management</i>	47



22	El Scandinavian Star todavía en llamas durante las tareas de extinción atracado ya en el puerto de Lysekil.	<i>SWECO Fire Protection Engineering and Risk Management</i>	48
23	Secuencia de la propagación del fuego a través de las distintas cubiertas.	<i>SWECO Fire Protection Engineering and Risk Management</i>	49
24	El MS Estonia en navegación.	www.titanicnorden.com/skepp/estonia.html	56
25	Detalle de la visera abatible hacia arriba y el portón de proa del Estonia.	web.zone.ee/veereis/kip_maailm.html	57
26	Reproducción de la secuencia del hundimiento del Estonia.	elbauldejosete.wordpress.com/2008/04/09/la-tragedia-del-ms-estonia/	59
27	Una de las balsas salvavidas del Estonia inundada por el agua.	en.wikipedia.org/wiki/MS_Estonia	60
28	Recuperación de la visera desprendida de la proa del Estonia.	news.sky.com/home/world_news/article/16149117	61
29	El Martín i Soler saliendo del Puerto de Palma.	<i>Baleària</i>	104
30	Arriado del bote de 150 personas.	<i>Baleària</i>	106
31	Arriado del bote de 30 personas.	<i>Baleària</i>	107
32	Arriado del bote de rescate rápido.	<i>Baleària</i>	107
33	Dispositivo M.O.R. junto al bote de rescate rápido.	<i>Baleària</i>	108
34	Balsas salvavidas reserva de 50 y 100 personas.	<i>Propia</i>	109
35	Sistema M.E.S. Popa Babor plegado en su local de lanzamiento.	<i>Propia</i>	109
36	Cabestrante eléctrico que mantiene las balsas infladas junto al costado del barco.	<i>Propia</i>	109
37	Secuencia de despliegue de un dispositivo M.E.S. semejante al del Martín i Soler.	<i>Trasmediterránea</i>	110

Figura	Descripción	Fuente	Página
1	Norma de eficacia para el análisis simplificado de la evacuación.	<i>Circular 1033 del Código MSC</i>	68
2	Norma de eficacia para el análisis perfeccionado de la evacuación.	<i>Circular 1033 del Código MSC</i>	76
3	Norma de eficacia actualizada para el análisis simplificado de la evacuación.	<i>Circular 1238 del Código MSC</i>	80
4	Norma de eficacia actualizada para el análisis perfeccionado de la evacuación.	<i>Circular 1238 del Código MSC</i>	81
5	Esquema de red hidráulica Escalera Bar Popa Babor.	<i>Propia</i>	126
6	Esquema de red hidráulica Escalera Bar Popa Estribor.	<i>Propia</i>	126
7	Esquema de red hidráulica Escalera Vestíbulo Babor.	<i>Propia</i>	127
8	Esquema de red hidráulica Escalera Vestíbulo Estribor.	<i>Propia</i>	127
9	Esquema de red hidráulica Escalera nº 3 Babor.	<i>Propia</i>	127



10	Esquema de red hidráulica Escalera nº 3 Estribor.	<i>Propia</i>	128
11	Esquema de red hidráulica Escalera nº 2 Babor.	<i>Propia</i>	128
12	Esquema de red hidráulica Escalera nº 2 Estribor.	<i>Propia</i>	128
13	Esquema de red hidráulica Escalera nº 1 Babor.	<i>Propia</i>	129
14	Esquema de red hidráulica Escalera nº 1 Estribor.	<i>Propia</i>	129

Cuadro	Descripción	Fuente	Página
1.1.	Valores de flujo específico y de la velocidad inicial como funciones de la densidad.	<i>Circular 1033 del Código MSC</i>	70
1.2.	Valor del flujo específico máximo.	<i>Circular 1033 del Código MSC</i>	70
1.3.	Valor del flujo específico y velocidad.	<i>Circular 1033 del Código MSC</i>	70

Plano	Descripción	Fuente	Página
1	Alzado y sección desde proa de la disposición general del Martín i Soler.	<i>Baleària</i>	105
2	Alzado de las zonas principales verticales del Martín i Soler.	<i>Baleària</i>	111
3	Planta de disposición general de la Cubierta 7.	<i>Baleària</i>	114
4	Planta de puestos de reunión Cubierta 7.	<i>Baleària</i>	116
5	Planta de disposición general de la Cubierta 8.	<i>Baleària</i>	119
6	Planta de disposición general de la Cubierta 9.	<i>Baleària</i>	121
7	Escaleras Bar Popa Cubierta 8.	<i>Baleària Modificado</i>	130
8	Escaleras Bar Popa Cubierta 7.	<i>Baleària Modificado</i>	130
9	Escaleras Vestíbulo Cubierta 8.	<i>Baleària Modificado</i>	131
10	Escaleras Vestíbulo Cubierta 7.	<i>Baleària Modificado</i>	131
11	Escaleras 3 Babor y Estribor Cubierta 9.	<i>Baleària Modificado</i>	132
12	Escaleras 3 Babor y Estribor Cubierta 8.	<i>Baleària Modificado</i>	132
13	Escaleras 3 Babor y Estribor Cubierta 7.	<i>Baleària Modificado</i>	133
14	Escaleras 2 Babor y Estribor Cubierta 9.	<i>Baleària Modificado</i>	133
15	Escaleras 2 Babor y Estribor Cubierta 8.	<i>Baleària Modificado</i>	134
16	Escaleras 2 Babor y Estribor Cubierta 7.	<i>Baleària Modificado</i>	134
17	Escaleras 1 Babor y Estribor Cubierta 8.	<i>Baleària Modificado</i>	135
18	Escaleras 1 Babor y Estribor Cubierta 7.	<i>Baleària Modificado</i>	135
19	Rutas de evacuación hacia los puestos de embarque.	<i>Baleària Modificado</i>	159

Tabla	Descripción	Fuente	Página
1	Factores y variables en la evacuación.	<i>Estudios realizados anteriormente</i>	10
2	Relación entre accidentes, factores dados en la evacuación y éxito o no de la evacuación del buque.	<i>Estudios realizados anteriormente por J.M. Chertkoff</i>	11
3	Características de los M.E.S.	<i>Baleària</i>	108



4	Distribución inicial de pasaje y tripulación.	<i>Propia y según el capítulo 13 del Código SSCI</i>	125
5	Anchuras libres, longitudes y superficies cubierta 9.	<i>Propia</i>	136
6	Anchuras libres, longitudes y superficies cubierta 8.	<i>Propia</i>	137
7	Anchuras libres, longitudes y superficies cubierta 7.	<i>Propia</i>	138
8	Valores del flujo específico inicial como función de la densidad.	<i>Propia y según cuadro 1.1. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes</i>	139
9	Valores de la velocidad inicial de las personas como función de la densidad.	<i>Propia y según cuadro 1.1. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes</i>	140
10	Valores del flujo específico máximo para cada tipo de medio.	<i>Propia y según cuadro 1.2. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes</i>	140
11	Condiciones iniciales de distribución de las personas, densidad inicial, flujo específico inicial, flujo calculado y velocidad inicial de las personas.	<i>Propia</i>	141
12	Valores de la velocidad de las personas para cada tipo de medio y como función del flujo específico.	<i>Propia y según cuadro 1.3. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes</i>	143
13	Relación del número de personas y flujo específico máximo y cálculos del flujo específico de entrada, flujo específico, flujo calculado, velocidad de las personas y formación o no de cola para cada punto de todas las vías de evacuación del buque Martín i Soler.	<i>Propia</i>	143
14	Relación del número de personas, longitud, flujo calculado, velocidad y cálculos del tiempo de flujo y tiempo de desplazamiento para cada punto de todas las vías de evacuación del buque Martín i Soler.	<i>Propia</i>	147
15	Tiempos de cubierta para cubierta 9.	<i>Propia</i>	150
16	Tiempos de cubierta para cubierta 8.	<i>Propia</i>	150
17	Tiempos de escalera para cubiertas 9, 8 y 7.	<i>Propia</i>	151
18	Cálculo de tiempos de reunión para la cubierta 7.	<i>Propia</i>	152
19	Cálculo del tiempo total de desplazamiento para cubiertas 9, 8 y 7.	<i>Propia</i>	154
20	Cálculo del tiempo final de desplazamiento para cubiertas 9, 8 y 7.	<i>Propia</i>	156



1. Introducción

Los buques de pasaje pueden llevar a miles de personas entre tripulación y pasaje, se pueden considerar como pequeñas ciudades o grandes hoteles flotantes. Por ello su seguridad y el problema de la evacuación han sido considerados por la sociedad civil y administrativa ítems de gran relevancia.

La aplicación de nuevas normativas adaptadas a los nuevos tiempos y la incorporación continua de avances tecnológicos en los buques, han mejorado la seguridad en la navegación marítima, tanto para las personas como para el medio marino y los equipos del buque. Aún así, siempre existirá la posibilidad de producirse un siniestro que ponga en peligro la seguridad de la vida de las personas a bordo.

Por norma general, las grandes catástrofes marítimas así como la presión ejercida por la opinión pública alarmada por la pérdida de vidas humanas en el mar, han sido los factores determinantes para impulsar a los gobiernos de las principales naciones marítimas a un proceso legislador que mejore la seguridad de los buques.

La primera *Convención Internacional para la Seguridad de la Vida en la Mar*, conocida como SOLAS, se celebró en Londres, en 1914, dos años después del hundimiento del “*Titanic*” en el que murieron más de 1500 personas. En aquella convención, las principales naciones marítimas acordaron mejorar la seguridad de los buques adoptando medidas que hasta el momento no se habían regularizado. Se estableció la obligatoriedad de contar con botes salvavidas para todos los pasajeros, se creó la *Ice Patrol*, organización dedicada a la detección y monitorización de icebergs; y se tomaron muchas otras medidas en términos de seguridad marítima.

Debido a la primera guerra mundial la implantación efectiva de la primera convención SOLAS se retrasó considerablemente. Posteriormente se realizaron otras convenciones en 1929, 1948, 1960 y 1974. Periódicamente se aprueban nuevas enmiendas sobre estas convenciones. Todo ello ha incorporado nuevas y efectivas medidas de seguridad que a día de hoy cubren con creces la demanda de seguridad requerida por la sociedad, aun así, siempre existirá la razonable duda sobre su suficiencia.

En 1948, en Génova, se creó la Organización Marítima Internacional (IMO, International Maritime Organization), como una agencia de las Naciones Unidas con objeto de desarrollar y mantener el marco regulatorio por el que se rige la navegación marítima. La IMO es una organización no gubernamental que se estructura en diversos comités y subcomités formados por expertos de los países miembros.



Se reunió por primera vez en 1959 para tratar aspectos tan importantes como la seguridad o la polución, dando lugar, desde entonces hasta hoy, a convenios internacionales de gran envergadura e importancia como son el convenio SOLAS (Safety Of Life At Sea), sobre seguridad en el mar para las personas; el convenio MARPOL (MARitime POLution) sobre la prevención de la contaminación del medio marino, o el convenio STCW (Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers), sobre la regulación de la formación, titulación, certificación y guardias de la gente de mar; entre otros.

El comité de la IMO más importante en relación a la seguridad marítima es el MSC (*Maritime Safety Committee*) que abarca todos los aspectos que afectan directamente a la navegación marítima, como son, entre otros, el adiestramiento de las tripulaciones o la construcción y equipamiento de los buques.

El 28 de Septiembre de 1994 el buque MV “*Estonia*”, del tipo roll-on roll-off, que navegaba por el Mar Báltico sufrió un terrible accidente, volcó y posteriormente se hundió. Murieron 852 personas. Este suceso fue el impulsor del *Acuerdo de Estocolmo* cuya consecuencia directa fue una nueva normativa IMO para el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje: la circular 1033 denominada *Interim Guidelines for Evacuation Analyses for New and Existing Passenger Ships* aprobada el 1 de Julio de 2002.

Más recientemente el 13 de Enero de 2012 el crucero Costa Concordia, de la compañía Costa Cruceros, puesto en servicio el año 2006 varó en aguas italianas próximas a la Isla de Giglio, debido al accidente se tuvo que dar respuesta a la evacuación de 3206 pasajeros y 1023 tripulantes. Aún siendo un buque moderno con una tecnología avanzada en dispositivos de seguridad, abandono y evacuación el resultado fueron 25 muertos, 7 desaparecidos y 64 heridos hasta fecha de hoy ya que todavía quedan cuerpos por encontrar. Esto constata el hecho que aunque el buque contaba con los medios necesarios y más que suficientes para realizar una evacuación total del pasaje y la tripulación la gestión y desarrollo de la misma no fue lo suficientemente eficaz.

Cuando ha de procederse a una total evacuación de un buque, la principal dificultad es que, ante una situación de emergencia o en previsión de la misma, la totalidad de los miembros de la tripulación y pasaje puedan desplazarse de un modo eficaz y con riesgo mínimo hasta lugares seguros desde donde puedan subir a bordo de embarcaciones de salvamento y abandonar el buque. Todo el proceso debe llevarse a cabo en un tiempo finito “T” inferior al tiempo previsible en el que el buque pierda su integridad, ya sea por hundimiento, vuelco, propagación del fuego, etc.

En el problema de la evacuación del buque, se presentan numerosas variables que influyen en la resolución exitosa o no de la evacuación. Muchas de ellas relacionadas entre sí e incluso afectadas por factores aleatorios, por lo que la estimación del tiempo



“T” requerido para la completa evacuación está sujeta a muchas aproximaciones y simplificaciones y no es una tarea sencilla.

Los cuatro factores principales que intervienen en el concepto de evacuación son las personas, el entorno en que transcurre la evacuación, la configuración de la estructura en la que se desenvuelven dichas personas y el procedimiento que siguen para abandonarla. Sus principales variables vienen determinadas en la siguiente tabla.

FACTORES PRINCIPALES	PERSONAS	ENTORNO	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURA	PROCEDIMIENTO ABANDONO
VARIABLES PRINCIPALES	Número	Iluminación	Número de Salidas	Sistema de Alarma
	Sexo	Fuego	Capacidad Salidas	Claridad
	Edad	Humo	Distancia Viaje	Credibilidad
	Peso	Gases Nocivos	Ancho Pasillos	Familiaridad
	Estatura			
	Adiestramiento			

· *Tabla 1: factores y variables en la evacuación.*

Según el libro *Psychology of Emergency Egress and Ingress* escrito por J.M. Chertkoff y R.H. Kushigian, publicado en 1999; la mayoría de procesos de evacuación de aeronaves, rascacielos, teatros, auditorios, discotecas y circos que, hasta la fecha, acabaron en tragedia, presentaban unas características comunes, mientras que aquellas que se desarrollaron con normalidad no estuvieron presentes dichos factores, expresados a continuación.

- Factor 1 (F1): Obstrucciones/obstáculos en los pasillos.
- Factor 2 (F2): Gran número de ocupantes.
- Factor 3 (F3): Alta Densidad de ocupación.
- Factor 4 (F4): Poco conocimiento de las vías de escape.
- Factor 5 (F5): Poco adiestramiento del personal y ocupantes.
- Factor 6 (F6): Liderazgo escaso.
- Factor 7 (F7): Magnificación de la importancia de la emergencia.
- Factor 8 (F8): Magnificación de la percepción de falta de tiempo.
- Factor 9 (F9): Uso excesivo de la salida principal.
- Factor 10 (F10): Congestión al otro lado de las salidas.

En el libro, también se realiza un estudio en el que se analizan 15 casos en los cuales se tuvo que proceder a la evacuación del buque. En cada caso se comprobó el



cumplimiento o no de los factores que influyen en la evacuación de edificios, anteriormente mencionados. En 11 de los 15 casos estudiados la evacuación terminó en tragedia mientras que los 4 restantes transcurrieron sin mayores contratiempos.

A continuación se detalla el resultado del estudio, donde se puede comprobar que en los 11 casos que el proceso de evacuación terminó en tragedia (rojo) se dan casi todos los factores determinantes en la evacuación de edificios, mientras que en aquellos 4 que transcurrieron con “normalidad” (verde) son pocos los factores presentes en la evacuación.

BUQUE	AÑO	LUGAR	CAUSA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Lady Elgin	1860	Lago Michigan	Colisión		X	X		X	X	X	X		
Sultana	1865	Río Mississippi	Explosión	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Princess Alice	1878	Río Támesis	Colisión	X	X	X		X	X	X	X	X	
General Slocum	1904	Río del Este	Fuego	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Titanic	1912	Atlántico Norte	Colisión	X	X		X	X	X	X	X		X
Empress of Ireland	1914	Río Lorenzo	Colisión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estland	1914	Río Chicago	Zozobra	X	X		X		X	X	X		X
Lusitania	1915	Atlántico Norte	Torpedo	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Morro Castle	1934	Atlántico Norte	Fuego	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Noronic	1949	Toronto	Fuego	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Yarmouth Castle	1965	Mar Caribe	Fuego	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Republic	1909	Atlántico Norte	Colisión	X	X		X	X					
Andrea Doria	1956	Atlántico Norte	Colisión	X	X	X		X	X				
Viking Princess	1966	Mar Caribe	Fuego	X	X								
Prinsendam	1980	Golfo Alaska	Fuego	X	X				X				

· Tabla 2: relación entre accidentes, factores dados en la evacuación y éxito no de la evacuación del buque.

Este estudio nos sirve para comparar los factores determinantes en evacuaciones de edificios con evacuaciones reales de distintos buques de pasaje a lo largo de la historia. En él se puede contrastar que buques y edificios tienen mucho en común en conceptos



de evacuación. Aún así, cabe destacar que en los buques existen los siguientes factores propios y de gran relevancia que no se encuentran o no son determinantes en la evacuación de edificios:

- Factor 1: Velocidad del hundimiento del buque.
- Factor 2: Condiciones meteorológicas.
- Factor 3: Comunicación con los medios de rescate.
- Factor 4: Tiempo hasta la llegada de los medios de rescate.
- Factor 5: Conocimientos y capacidad de supervivencia una vez abandonado el buque.

Por la importancia de todos estos factores que influyen en la pérdida de vidas en el mar y por la gran preocupación y alarma social que despiertan los trágicos accidentes de los buques de pasaje nuestro trabajo pretende analizar la normativa existente referente a seguridad y los procesos de evacuación y abandono de buques RO-PAX, así como su evolución a raíz de los accidentes ocurridos en los últimos años.

Una segunda parte consiste la investigación de un plan de evacuación de un buque RO-PAX concreto, haciendo hincapié en los puntos débiles y fuertes. Para ello se plantea la posibilidad de usar algún programa de simulación de evacuación basado en modelos matemáticos, o a partir de un análisis simplificado propuesto por la OMI a través del Código MSC.

Para facilitar la tarea de un diseñador de buques, en razones de seguridad del buque y abandono, aparte de la exigencia de cumplir con todas las regulaciones existentes al respecto de la OMI y el convenio SOLAS, que facilitan el proceso fijando, entre otros, el número mínimo de botes salvavidas y de salidas de emergencia, el ancho mínimo de pasillos y escaleras... Este puede recurrir al uso de modelos matemáticos para un estudio más exhaustivo del comportamiento de las personas en caso de emergencia y para lograr un flujo eficiente de entrada y salida del buque en caso de emergencia así como de circulación por el interior del mismo en condiciones normales de operación.

Los modelos matemáticos representan la realidad del proceso de evacuación contemplando aspectos como el entorno, la población, los riesgos, etc. Su empleo para el análisis del proceso de evacuación es una opción cada vez más utilizada. Permiten examinar diversas alternativas a un diseño, con un coste relativamente reducido, especialmente en etapas iniciales del proyecto de diseño en las que el coste de las modificaciones es menor.

Un modelo matemático nunca será capaz de simular, predecir y representar con total exactitud un proceso de evacuación de un buque de pasaje por ser este de extrema complejidad, existen en una evacuación un gran número de variables aleatorias



difíciles de capturar por medio de expresiones matemáticas. Se hace necesario realizar suposiciones y plantear simplificaciones al problema para que el modelo sea resoluble.

Los modelos de evacuación deben abordar los siguientes 4 aspectos fundamentales para poder tratar de solucionar el problema de la evacuación del buque con garantías y poder obtener resultados veraces, la configuración, ambiente, comportamiento y procesales del proceso de evacuación.

- La configuración del proceso de evacuación son las consideraciones de disposición del sistema, número de salidas, tipo de salida, anchura y recorrido de pasillos, etc. Generalmente son cubiertas por métodos perceptivos convencionales.

- El ambiente del proceso de evacuación son las consideraciones de escora y sus efectos así como del movimiento del buque, presencia de escombros y obstáculos, el efecto del aumento de la temperatura ambiente en el comportamiento humano, efecto de gases tóxicos y irritantes, aumento de la densidad de humo, facilidad de encontrar la mejor ruta, etc. Además es muy importante que se realicen simulaciones tanto en condiciones de día como en condiciones de noche.

- El comportamiento del proceso de evacuación reside en el comportamiento de los individuos afectados, desde la respuesta inicial tras la llamada de alerta de abandono, velocidades y direcciones probables de recorrido, hasta la interacción entre familias o grupos, entre otros.

- Los procesales del proceso de evacuación cubren los conocimientos previos de los pasajeros sobre el concepto de la evacuación, la actuación de la tripulación su adiestramiento, la señalización de emergencia del buque, etc.

Existen infinidad de modelos con características de muchas clases, lo que hace difícil su concreta clasificación. Aún así, en términos generales, podemos clasificar los muchos y distintos modelos matemáticos que estudian el proceso de evacuación según las siguientes características:

Finalidad:

Optimización.
Simulación.

Discretización del espacio:

Celdas hexagonales.
Grafo de nodos y arcos.

Estructura abordada:

Edificios.
Aeronaves.
Buques.
Trenes.

Incorporación del riesgo para las personas:

Sin riesgo.
Fuego y humo.
Otros riesgos



Representación del movimiento de las personas:

Mapa de potencial.
Densidad de ocupación.
Distancia interpersonal.

Representación de las personas:

Macroscópicos.
Microscópicos.
Mesoscópicos

Representación del comportamiento de las personas:

Sin comportamiento.
Basado en reglas.
Probabilistas.
Agentes.
Inteligencia artificial.

Modelo matemático resolutivo:

Programación Entera.
Programación Lineal.
Programación No Lineal.
Programación Dinámica Discreta.
Programación Dinámica Continua.
Simulación.

Los **modelos macroscópicos** representan el movimiento de las personas, analizando la respuesta global de un grupo que ocupa un local o un sector del local. Se ha demostrado que se puede modelar a un grupo de personas como un fluido compresible. El comportamiento de las personas se representa a través de parámetros globales como: flujo máximo de personas, velocidad, densidad de pasajeros, etc.

Las ecuaciones básicas de flujo de los modelos macroscópicos son las siguientes:

$$F_s = S \cdot D$$

$$F_c = F_s \cdot W$$

F_s es el flujo específico (pax/m·s) y F_c el flujo real en (pax/s).

S es la velocidad de avance en (m/s), D es la densidad de pasaje en (pax/m²), W es el ancho útil del espacio en (m).

En los modelos macroscópicos, la interacción entre los distintos grupos de personas se representa por medio de un modelo hidráulico en el que los distintos espacios se representan por ramas conectadas por medio de nodos. Los flujos en los distintos espacios se van sumando de acuerdo con la configuración de movimientos, suponiendo una simultaneidad entre los distintos grupos en cada nodo.

En los **modelos microscópicos** se analiza independientemente el movimiento de cada persona. Existen tres posibles modos de representación del movimiento de cada persona: lineal, corpuscular y celular.

El modo de representación más usado hoy en día es el modo corpuscular. En este modo se generan ecuaciones diferenciales para cada individuo, en función de su capacidad de movimiento, su destino y el entorno que le rodea. Con estos modelos se estudian las fuerzas que se producen ante aglomeraciones y la probabilidad de



resultados fatales. Se usan para el análisis de zonas delimitadas, como el comportamiento de personas ante una puerta de salida.

El modelo lineal es el más adecuado para redes de evacuación compuestas principalmente por pasillos. En él se supone que las personas se mueven en fila. La densidad de flujo la marcarán la separación entre personas y el ancho del pasillo.

Las ecuaciones básicas de flujo de los modelos lineales de los modelos microscópicos se basan en la ecuación de Pauls y son las siguientes:

$$S = 1.4 - 0.37 \cdot D$$

$$D = \frac{1}{(W \cdot \lambda)}$$

$$\lambda = X_{i-1}(t) - X_i(t)$$

S es la velocidad de avance en (m/s), D la densidad en (pax/m²)

Donde W es el ancho útil en las inmediaciones de la persona en (m), λ la separación con la persona precedente en (m) y $X_i(t)$ es la posición respecto el origen de la rama o pasillo en (m).

Los **modelos mesoscópicos** realizan una mezcla de los otros modelos. Lo más usual es utilizar un macro-modelo para los cálculos y un micro-modelo para la presentación de resultados.

En cualquier modo de representación del movimiento, el movimiento de cada persona está gobernado por dos variables principales: sus objetivos (dirección de avance, punto de destino, etc.) y la ocupación de su entorno inmediato (obstáculos, personas, etc.). Un aspecto muy importante de la modelización es la variabilidad del comportamiento humano y en casos específicos es necesario tener en cuenta las variaciones de parámetros como: edad, género, estado de salud, estabilidad de la plataforma, etc.

Para los buques de pasaje se han desarrollado modelos específicos de evacuación que demuestran que, a priori, todos los buques pueden ser evacuados dentro del tiempo especificado por la normativa de la OMI.

Uno de los modelos más destacados es el EVI 3.0. Este modelo (Evi-Passenger Evacuation Performance Assessment in Ship Design and Operation) está diseñado por D. Vassalos en el año 2001, en el Reino Unido y fue impulsado por el centro de investigación Ship Stability Research Centre and Safety at Sea Ltd. Este modelo emplea modelos de agentes múltiples para simular el proceso de evacuación.

Otro modelo muy importante es el maritimeEXODUS, este modelo forma parte de la gamma de 4 modelos de simulación EXODUS, que abarcan simulaciones de



evacuaciones en edificios, aeronaves, trenes y buques de pasaje, desarrollados por un grupo de investigación de la Universidad de Greenwich.

Todos los modelos matemáticos de simulación de evacuación llegan a unas conclusiones parecidas:

- La velocidad máxima por persona oscila entre 1.2 y 1.4 m/s
- La velocidad media por persona en tramos horizontales está entre 0.6 y 0.8 m/s
- La velocidad desciende a medida que aumenta la densidad de ocupación.
- Niveles de ocupación de 4-5 personas /m² son indicios de congestión.

Aún asumiendo todas la ventajas que supone el empleo de simuladores de evacuación basados en modelos matemáticos, en este trabajo se opta por el seguimiento del Método de evaluación para el análisis simplificado de la evacuación propuesto por la OMI, a través del comité de seguridad marítima MSC en su circular 1033 y adoptando los cambios propuestos en circulares posteriores.

Esto es debido a la dificultad de accesibilidad que presentan los software ya existentes, por no hablar de la dificultad de diseño de un software propio.

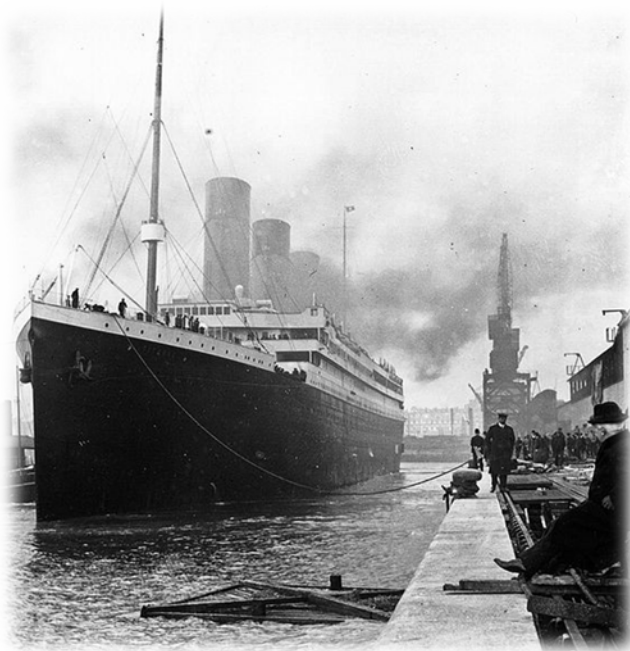


2. Evolución de la normativa según histórico de accidentes

2.1. El hundimiento del Titanic y los inicios del SOLAS

2.1.1. Historia del accidente

Jueves 11 de Abril de 1912 el RMS Titanic (Propiedad de la White Star), un trasatlántico de 296 metros de eslora y 28 de manga con 1317 pasajeros y 885 tripulantes, zarpó del puerto de Queenstown (Irlanda) con destino Nueva York.

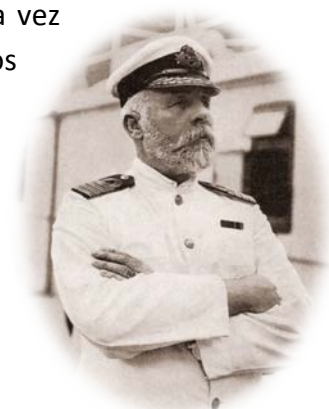


· Foto 1: el Titanic zarpando de Southampton.

El viernes 12 de abril de 1912, el buque se encontraba navegando en aguas del Atlántico a velocidad de crucero habiendo recorrido ya 386 millas. Éste recibía mensajes de felicitación y muchos buenos deseos aunque también se empezaban a recibir las primeras advertencias de hielo, algo normal a estas alturas del año por aquellas aguas. Al final del día el radiotelégrafo dejó de funcionar durante un periodo de 10 horas haciendo que los técnicos de radio tuvieran que repararla durante la madrugada. A lo largo de la noche distintos buques iban encontrando

hielo en las distintas líneas de navegación del Atlántico. Una vez arreglada la comunicación en la cabina de radio, los operarios radiotelegrafistas empezaron a recibir avisos de peligro de icebergs, los cuales fueron ignorados o tomados no muy en serio por los oficiales de guardia.

El domingo 14 de abril, el clima continuaba siendo excelente para la navegación. Esta mañana se recibió un telegrama de



· Foto 2: el Capitán Edward John Smith.



avistamiento de hielo del Carolina anunciando la presencia del mismo a una latitud de 41° N y una longitud 49° Oeste. Esta advertencia junto con otros mensajes de otros buques sobre avistamientos de grandes cantidades de hielo fue motivo suficiente para que el capitán del Titanic, Edward John Smith, tuviera una charla con el presidente de la naviera (White Star Line) propietaria del buque, Joseph Bruce Ismay, para convencerlo de que la velocidad que llevaba el buque era excesiva para las condiciones desfavorables debidas a la presencia de hielo. No obstante J. Bruce presionó el capitán para que aumentara la velocidad del trasatlántico hasta los 22,5 nudos. Así se ordenó poner en servicio las calderas que todavía no estaban en funcionamiento y alterar un poco el rumbo hacia el sudoeste para intentar evitar el peligroso hielo avistado por otros navíos, también se ordenó redoblar la guardia en los mástiles para un mejor avistamiento del hielo.

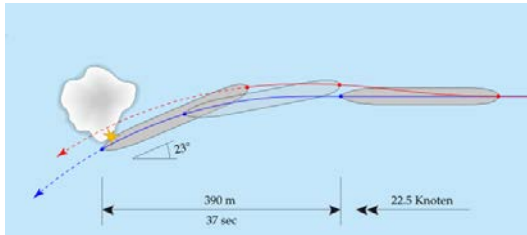
A las 21:40 horas se recibe otro mensaje de hielo esta vez del buque Mesaba a 42° latitud Norte, este mensaje es ignorado por los radio-telegrafistas debido a su atareado cometido de mandar mensajes del pasaje. No obstante todos los mensajes de avistamiento de hielo mostraban un gran campo de hielo a 78 millas de longitud enfrente del Titanic. Más tarde el buque Californian transmite un mensaje de que se encuentra parado debido al hielo, los telegrafistas del Titanic piden al Californian que deje la línea libre ya que se encuentran en plena faena de mandar los mensajes del pasaje. Así el Californian decide desconectar su radio durante la noche.



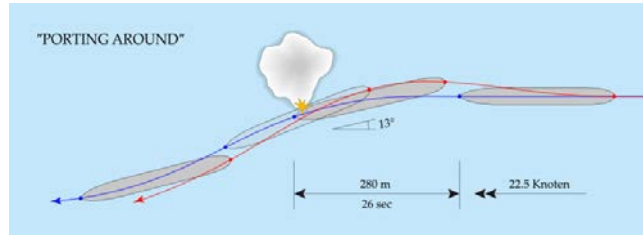
· Foto 3: posible iceberg causante de la colisión.

A las 23:39 horas el Titanic se encuentra navegando a 22 nudos, cuando los vigías divisan un iceberg por proa. Su llamada al puente es inmediata y es comunicado al oficial de guardia, 1er Oficial Murdoch, éste da la orden inmediata de “todo a babor” y acto seguido “atrás toda”, decisión fatal puesto que resto maniobrabilidad al barco debido a la perdida de presión de virada del timón. No obstante el iceberg se encontraba demasiado cerca. La colisión es inevitable y el barco golpea el iceberg a la latitud 41° 46’ Norte, longitud 50° 14’ Oeste, por el costado de estribor. Se evitó la colisión frontal, pero demasiado pronto el oficial Murdoch ordenó el viraje a estribor sin intuir que el iceberg se extendía por el costado de estribor por debajo del mar. La mayor parte del pasaje acomodado en primera clase apenas nota un temblor, distintamente los pasajeros situados en tercera clase que perciben la

colisión e incluso las primeras vías de agua. Acto seguido el oficial de guardia Murdoch cierra las puertas estancas.



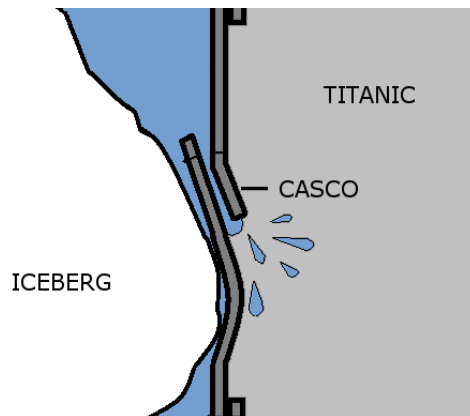
· Foto 4: primera secuencia del impacto con el iceberg por la amura de estribor.



· Foto 5: posterior secuencia del impacto con el iceberg debido al temprano viraje hacia estribor que abrió las chapas del mismo costado.

Los daños fueron graves pues el Titanic rozó el iceberg abriendo las planchas del costado de estribor a 5 m por debajo de la línea de flotación, presentando seis brechas distintas con una extensión total de 100 metros, así como 5 compartimientos afectados por el agua (tres bodegas de carga y la sala de calderas hasta la mampara transversal).

Cuando el capitán Smith es despertado e informado de lo ocurrido este ordena parar de inmediato las maquinas, a su vez requirió la presencia inmediata de Thomas Andrews (diseñador y constructor del Titanic) para que evaluara los daños. Andrews junto con el carpintero revisó el barco de popa a proa. Su evaluación fue clara, cinco de sus dieciséis compartimientos estancos, los situados en la sección de proa estribor, se doblaron hacia dentro, saltando los remaches e inundándose. El veredicto fatal delante del capitán y el representante de la compañía Ismay fue que el Titanic se hundiría a mucho tardar en dos horas.



· Foto 6: detalle de la abertura producida por el iceberg en las chapas del Titanic.

A las 0:10 horas del lunes 15 de abril el oficial empieza a transmitir mensajes de auxilio, CQD (Copy Quality Distress), MGY posición 41.44 N 50.24 W, así como el recientemente nuevo SOS. El Titanic se encontraba a 600 km de la isla de Terranova, el mensaje fue recibido por varios navíos uno de ellos el Carpathia, que se encontraba a 58 millas de distancia, cambio su rumbo dirigiéndose hacia el lugar del siniestro a toda máquina. A la vez se empiezan a descubrir los primeros botes salvavidas para el abandono del buque.

Los botes salvavidas estaban ubicados a la cubierta superior en dos grupos, un grupo de botes a proa y el otra a popa. En proa había doce botes, seis en el costado de babor



y seis más en costado de estribor. En la parte de popa había ocho botes más, cuatro por costado. De esos veinte botes existían de tres tipos:

- Botes 1 y 2: chinchorros de madera para emergencias, con capacidad para 40 personas.
- Botes del número 3 al 16: hechos de madera, con capacidad para 65 personas.
- Botes A, B, C y D: botes plegables marca Englehardt con capacidad para 47 personas, estos botes tenían los costados de tela.



· Foto 7: bote D plegable del tipo Englehardt, con el detalle que los costados eran de lona.

Sumando las capacidades de todos los botes al completo se podía evacuar un total de 1178 personas, no obstante el número de personas a bordo entre pasaje y tripulación era de 3084, el capitán Smith sabía que la mayoría de pasajeros morirían de forma rápida por el escaso número de botes y la baja temperatura del agua, de ahí que desde la orden de evacuación el capitán se mostrara escéptico con la situación.

Dada la orden de descubrir los botes se reúne a los pasajeros y tripulación en la cubierta de botes, reunida gran parte del pasaje se empiezan a llenar los botes dando prioridad a mujeres y niños. Mucha gente confusa todavía sobre lo que realmente estaba ocurriendo, rehúye a subir a los botes, este hecho junto con la poca organización de los oficiales provoca que algunos botes se arríen medio vacíos. Mientras los compartimientos abiertos al mar ya están completamente inundados. Se disparan los primeros artefactos pirotécnicos en medio de la oscura noche para que cualquier buque se pueda encontrar en la zona acuda en su ayuda.

La falta de información a los pasajeros por parte de la tripulación sobre lo que realmente está pasando provoca que mucha gente permanezca a bordo por ver el barco más seguro que el bote, hasta el punto que la tripulación tiene que obligar al pasaje a embarcar en los botes.

A medida que el barco se sumerge cada vez más, en la sala de máquinas se lucha para mantener la corriente eléctrica. El cada vez más pronunciado ángulo de inclinación del



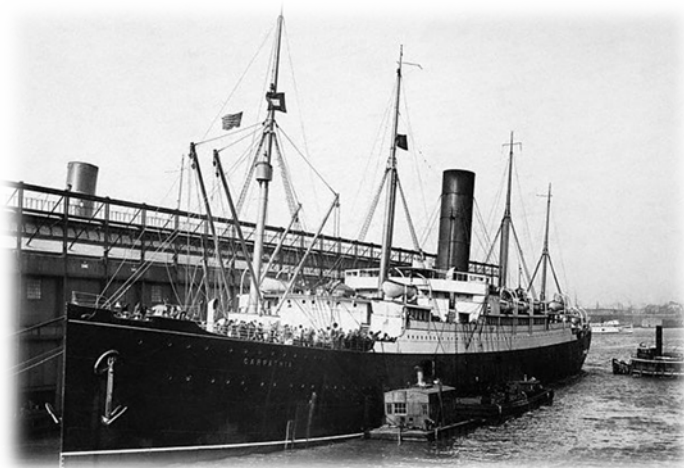
barco hace que el pánico empiece a cundir entre el pasaje viendo como el numero de botes sin arriar es cada vez más reducido. Ahora los botes si son llenados con más gente pero no al máximo de su capacidad. Sobre las 2:05 horas se arria el último bote quedando a bordo del Titanic más de 1500 personas. Se realizan los últimos intentos de contactar con algún buque cercano mediante la radio y señales pirotécnicas pero es del todo infructuoso.

Sobre las 2:20 horas las máquinas se sueltan de sus polines estampándose en la proa del barco con gran estruendo, como consecuencia la hasta hora inalterable luz se apaga dejando el inmenso buque hundiéndose en la oscuridad. Debido al gran ángulo alcanzado por la inmensa cantidad de agua que inundaba la proa, la estructura (de un acero por aquel entonces de la mayor calidad pero con malas propiedades de tenacidad, ya que resultaba bastante frágil a temperaturas bajas) se partió en dos, la proa ya sumergida cayó al lecho marino de forma casi intacta. Mientras la popa quedó en reposo durante unos momentos, luego alcanzó una posición vertical debido a la rápida inundación y así se empezó a hundir en las profundidades de forma brusca siendo aplastada por la presión del agua.



· Foto 8: ruta del Titanic, el punto y las coordenadas del lugar de su hundimiento.

En el silencio de la noche solo se oían los gritos de los pocos que quedaban con vida en aquellas aguas gélidas, la embarcación destinada a salvar a los supervivientes solo encontraba cadáveres, se rescataron 13 personas que se habían agarrado a un bote que había quedado volcado en la cubierta.



Sobre las 3:30 horas de la madrugada llegó el Carpathia al lugar del naufragio encontrando tan solo los botes del Titanic. A las 8:30 horas se recoge los supervivientes del último bote, poniendo de nuevo rumbo a Nueva York. En

· Foto 9: el RMS Carpathia atracando en Nueva York con los supervivientes del naufragio.



total se rescataron con vida 710 pasajeros, unas 1517 perdieron la vida en el naufragio. El 18 de Abril de 1912 el Carpathia llega por fin a puerto. La línea White Star mandó un navío a recuperar los cuerpos de los fallecidos de los cuales se rescataron tan solo 306.



· Foto 10: portada de prensa sobre el naufragio con las primeras cifras de fallecidos y supervivientes.

Las conclusiones tras la investigación del naufragio fueron, como en muchos otros accidentes, una conjunción de causas y errores los que llevaron al Titanic a este fatal desenlace. Entre ellas el hecho de que los oficiales desoyeran los mensajes de aviso de presencia de hielo en la zona por donde navegaban. La presión por parte del representante de la White Star al capitán para que mantuviera o incluso aumentara la velocidad del buque cuando las condiciones no eran las idóneas, con el único fin de llegar antes de lo previsto al puerto de destino durante el viaje inaugural.

Posteriormente también salieron a la luz las carencias de diseño que tenía el buque como que el compartimentado de los mamparos estancos no era el correcto ya que estos no

llegaban hasta la última cubierta, cosa que hizo que al empezar a hundirse la proa el agua pudiese pasar a los otros compartimentos por encima de los mamparos. Otro hallazgo fue que el acero usado para la construcción, a temperaturas bajas era muy quebradizo, así como los remaches usados tampoco eran los idóneos, ya que al doblarse las chapas hacia el interior estos saltaron haciendo que la vía de agua fuera mayor.

Pero quizás el motivo o la causa de mayor importancia que hizo que el hundimiento se convirtiera en una catástrofe en cuanto a pérdida de vidas humanas se refiere, fue la mala gestión del abandono del buque unido a la falta de botes salvavidas para albergar la evacuación de todas las personas a bordo del Titanic.

2.1.2. Los comienzos del SOLAS y su evolución

A raíz de este terrible accidente en 1913 se convocó en Londres la primera Convención sobre la Seguridad de la vida en el mar, que posteriormente en el 1914 se convirtió en el primer "Convenio Internacional para la protección de la vida humana en el mar" SOLAS. En él se propusieron una serie de medidas para evitar la serie de acontecimientos que condujeron al Titanic al fatal desenlace.



Como es conocido, el SOLAS es el convenio de mayor importancia sobre seguridad, así como el más antiguo y por tanto de vital mención en el tema que nos ocupa sobre el abandono y evacuación del buque. Desde el fatal hundimiento del Titanic y posterior investigación se han desarrollado cinco convenios SOLAS: el de 1914, el segundo celebrado en 1929 y entrado en vigor en 1933, el tercero adoptado en 1948 y entrada en vigor en 1952, el cuarto ya bajo el amparo de la OMI se adoptó en 1960 y entró en vigor en 1965, por último la versión actual aprobada en 1974 y entrada en vigor el 1980.

En todos estos convenios anteriores figuran capítulos que incluso en la versión actual todavía se conservan como seguridad de la navegación, construcción, dispositivos de salvamento y prevención de incendios etc.

Convenio de 1914

El auge del transporte de pasajeros por el mar en los inicios del siglo XX, debido a que no existían todavía medios de transporte como el avión y se tenía que dar respuesta a un importante flujo de personas inmigrantes lejos del continente europeo, se tradujo en un aumento de las pérdidas de vidas en la mar debido a los numerosos naufragios, situándose la media anual, solamente de buques británicos, entre 700 y 800 víctimas.

En este primer convenio se introdujeron nuevas prescripciones que trataban de la seguridad en la navegación, la disposición de mamparos estancos resistentes al fuego, dispositivos de salvamento así como dispositivos de prevención y extinción de incendios en buques de pasaje. También trata prescripciones relativas a los equipos de radiotelegrafía, obligando a instalarlos en buques que transporten más de 50 personas. Se acordó establecer también un servicio de vigilancia de hielo en el Atlántico Norte.

Convenio de 1929

Este nuevo convenio seguía el modelo del convenio anterior de 1914, pero incorporaba nuevas reglas, así como un anexo que trataba sobre la reglamentación internacional para la prevención de abordajes.

INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFETY OF LIFE AT SEA.

TEXT OF THE CONVENTION

FOR THE

SAFETY OF LIFE AT SEA.

SIGNED AT LONDON, JANUARY 20, 1914.

[WITH TRANSLATION.]

Presented to both Houses of Parliament by Command of His Majesty,
February 1914.

LONDON:
PRINTED UNDER THE AUTHORITY OF HIS MAJESTY'S STATIONERY OFFICE
By HARRISON AND SONS, 45-47, St. Martin's Lane, W.C.,
PRINTERS IN ORDINARY TO HIS MAJESTY.
To be purchased, either directly or through any Bookseller, from
WYMAN AND BONS, Ltd., 25, BARRACK STREET, FETTER LANE, E.C.4, and
H.M. STATIONERY OFFICE (SCOTLAND BRANCH), 25, FORTH STREET, EDINBURGH; or
K. FUSSELL, Ltd., 114, GILFILLAN STREET, DUBLIN;
or from the Agents in the British Colonies and Dependencies,
the United States of America, the Continent of Europe and Australasia,
S. FISHER UNWIN, London, W.C.

[Coi. 7246.] Price 1s. 6d.

1914.

· Foto 11: primer convenio SOLAS del 20 de Enero de 1914.



Convenio de 1948

El avance tecnológico hizo que el convenio de 1929 quedara desfasado e hiciera necesario la aprobación de un nuevo convenio actualizado.

Así en el nuevo convenio se introdujeron mejoras importantes en cuestiones como el compartimentado estanco en buques de pasaje, normas de estabilidad, mantenimiento de servicios esenciales en caso de emergencia, protección estructural contra incendios por medio de mamparos resistentes al fuego y troncos para proteger las escaleras principales. En este convenio se revisó también el Reglamento de Abordajes y las reglas relativas a la seguridad de la navegación, así como la actualización de los servicios de meteorología y vigilancia de hielos.

Convenio de 1960

Este nuevo convenio nació también por la necesidad de adecuar la seguridad marítima al ritmo de la evolución técnica, siendo objeto de numerosas mejoras en tal sentido.

En el nuevo convenio muchas de las medidas de seguridad que anteriormente habían sido aplicables únicamente a los buques de pasaje se aplicaron también a los buques de carga, especialmente las relativas a la fuente de energía eléctrica y al alumbrado de emergencia, así como a la prevención de incendios. Se hace mención en el capítulo de los dispositivos de salvamento a las balsas salvavidas, las cuales debido a su perfeccionamiento podía incluso sustituir de forma parcial a los botes salvavidas. También se revisan las reglas sobre construcción y prevención de incendios a bordo.

El objetivo de esta nueva convención del SOLAS era que se mantuviera actualizado mediante enmiendas cuando este entrara en vigor, siendo algunas de las más importantes:

-1966: enmiendas al capítulo II, sobre medidas especiales de seguridad contra incendios en buques de pasaje.

-1969: aprobación de varias enmiendas relativas a cuestiones relativas a equipos de bomberos, especificaciones sobre aros y chalecos salvavidas.

-1973: reglas relativas a dispositivos de salvamento.

Convenio de 1974

Se trata del último convenio actualmente en vigor y que es improbable que se sustituya por otro nuevo convenio debido al procedimiento de enmienda que figura en el artículo VIII que hace de éste un texto actualizable a lo largo de los años.



El artículo VIII determina que las enmiendas a los capítulos del II al VIII se considerarán aceptadas transcurrido un plazo de dos años a menos que sean rechazadas, dentro de un tiempo determinado, por un tercio de los gobiernos contratantes o por un número de gobiernos contratantes cuyas flotas mercantes representen como mínimo el 50% de tonelaje bruto de la flota mercante mundial.

El último convenio se estructura en una serie de artículos sobre obligaciones generales, el procedimiento de enmienda y el anexo estructurado en 12 capítulos:

Capítulo I: Disposiciones generales

En este figuran las normas referentes al ámbito de aplicación, reconocimientos e inspección del buque. También trata sobre la expedición de certificados que indican si el buque cumple con los requisitos del convenio SOLAS.

Entre otros reconocimientos los buques de pasaje deberán pasar un reconocimiento antes de que el buque entre en servicio, un reconocimiento, por norma general cada 12 meses, así como reconocimientos adicionales que convengan.

Capítulo II-1: Construcción, estructura, compartimiento y estabilidad, instalaciones de maquinas e instalaciones eléctricas

Éste trata entre otras cuestiones sobre la subdivisión de los buques de pasaje, y de los ya famosos compartimentos estancos. Estos deberán estar concebidos de manera que después de una avería en el casco éste se mantenga a flote en posición de equilibrio. El compartimentado de los buques variará según su eslora y dependiendo del servicio al que está destinado, siendo el grado de compartimentado más elevado el correspondiente a buques de pasaje de mayor eslora.

También hace mención a la disposición del circuito de achique en este tipo de buques. Sobre las prescripciones relativas a instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas, se centra en el aseguramiento de los servicios esenciales durante situaciones de emergencia a bordo.

Capítulo II-2: Construcción, prevención, detección y extinción de incendios

La segunda parte del capítulo 2 se incluye disposiciones detalladas sobre seguridad contra incendios haciendo hincapié en medidas específicas para buques de pasaje, de carga combinada y petroleros.

Estas medidas propuestas son las siguientes:

- Hacer una división del buque en zonas principales y verticales por medio de mamparos resistentes a la temperatura y que mantengan su función estructural.



- La clara separación entre los espacios de alojamiento y el resto del buque por mamparos que ofrezcan dicha resistencia térmica y estructural.
- Restricción del uso de materiales combustibles.
- Detección de incendios en la zona donde se origina.
- Contención y extinción de cualquier incendio en la zona donde se ha originado.
- Protección de los medios de evacuación y de los accesos a puestos de lucha contraincendios.
- Disponibilidad de extintores contraincendios.
- Máxima reducción de la posibilidad de ignición de vapores inflamables de la carga.

Capítulo III: Dispositivos y medios de salvamento

Este capítulo trata sobre los requisitos que deberán cumplir los dispositivos y medios de salvamento como los botes salvavidas, botes de rescate chalecos salvavidas según la clase de buque que se trate. Hay un código específico el LSA que es de obligado cumplimiento en cuanto a requisitos técnicos se refiere.

Este capítulo se divide en tres partes siendo la segunda parte la relativa a prescripciones en buques de pasaje.

Capítulo IV: Radiocomunicaciones

En él se explican las prescripciones relativas a la transmisión y recepción de alertas de socorro entre un buque y tierra, entre buque y buque entre otras. También dividido en tres partes, la primera nos indica las instalaciones de radiocomunicaciones que deberemos llevar a bordo. La segunda sobre prescripciones relativas a los servicios de escucha. Y la tercera disposiciones técnicas sobre instalaciones a bordo de botes salvavidas a motor y aparatos de radiocomunicaciones portátiles para embarcaciones de supervivencia.

Capítulo V: Seguridad de la Navegación

En este capítulo se tratan disposiciones de carácter operacional de aplicación a todos los buques que realicen cualquier viaje. Se hace mención a los servicios relacionados son la seguridad de la navegación como son; servicio de avisos meteorológicos, de vigilancia de hielos, búsqueda y rescate y servicio de tráfico marítimo.

Así mismo se hace prescripciones sobre la dotación de los buques que deberá ser la suficiente y competente para operar el mismo. Incluye información relativa al establecimiento y funcionamiento de las ayudas a la navegación, sistemas y aparatos



náuticos que se deberán llevar a bordo, información sobre el código internacional de señales, señales y mensajes de socorro.

Capítulo VI: Transporte de Cargas

En este se tratan aspectos sobre el transporte de cargas, exceptuando líquidos y gases a granel (tratados en otros capítulos), que puedan entrañar riesgos para los buques y las personas a bordo de estos, teniendo que tomar precauciones específicas en los buques que se aplica este convenio. Incluye regulaciones para la carga, descarga y estiba de cargas a granel incluyendo el grano. Este capítulo obliga a buques transportadores de grano a cumplir el Código Internacional de Cargas Sólidas a Granel.

Capítulo VII: El transporte de mercancías peligrosas

Las regulaciones de este capítulo vienen diferenciadas en cuatro partes:

- A: referente al transporte de mercancías peligrosas en bultos o formas sólidas a granel que incluyen la clasificación, embalaje/envase y marcado, etiquetado y rotulación entre otras cosas.
- B: construcción y equipamiento de buques que transporten productos químicos líquidos peligrosos a granel.
- C: con disposiciones relativas a la construcción y equipamiento de buques de transporte de gas licuado a granel.
- D: con prescripciones especiales para el transporte de combustible nuclear irradiado, plutonio y residuos radiactivos en bultos.

A parte en capítulo obliga que el transporte de mercancías peligrosas se realice bajo las disposiciones pertinentes al Código marítimo internacional de mercancías peligrosas IMDG.

Capítulo VIII: Los Buques Nucleares

El capítulo nos presenta las disposiciones para los buques de propulsión nuclear, su ámbito de aplicación, las exenciones, aprobación de la instalación del reactor así como la protección contra las radiaciones, reconocimientos y certificados.

Capítulo IX: Gestión de la seguridad operacional de los buques

Contiene normativa referente a la gestión de la seguridad de obligatoria aplicación para compañías comerciales de explotación de buques como para los propios buques, cumpliendo con el Código Internacional de Gestión de la Seguridad, IGS.



Capítulo X: Medidas de seguridad aplicables a las naves de gran velocidad

Con disposiciones aplicables a los buques de alta velocidad que hace de obligatorio cumplimiento el Código internacional de seguridad para naves de gran velocidad, Código NGV.

Capítulo XI-1: Medidas especiales para incrementar la seguridad marítima

Requisitos relativos a la autorización de las organizaciones reconocidas y las prescripciones sobre los reconocimientos mejorados, el número de identificación del buque, la supervisión de las disposiciones operacionales por el estado rector del puerto.

Capítulo XI-2: Medidas especiales para incrementar la protección marítima

Se basa en el Código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias (Código PBIP) que exige a los buques, a las compañías y a las instalaciones portuarias cumplir con las prescripciones pertinentes de la parte A del Código PBIP, en el se incluyen prescripciones relativas a las disposiciones del capítulo XI-2 del SOLAS 1974.

Capítulo XII: Medidas de seguridad adicionales aplicables a los graneleros

En él se incluyen prescripciones sobre la estabilidad con averías en este tipo de buques, los procedimientos de reconocimiento y mantenimiento así como la declaración de la densidad de la carga a granel, alarmas de detección de entrada de agua a las bodegas y disposición de sistemas de bombeo.

La evolución del SOLAS mediante el procedimiento de enmiendas

En la década de 1970, la Organización elaboró unas modificaciones importantes del Convenio, algunas de las cuales se incorporaron en el Protocolo de 1978 y otras quedaron incluidas en las enmiendas aprobadas en noviembre de 1981, que en virtud del procedimiento de aceptación tácita, entraron en vigor el 1 de septiembre de 1984.

Enmiendas de 1981

Las enmiendas más importantes se refieren al capítulo II-1 (Construcción /compartimentado y estabilidad, instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas) y al capítulo II-2 (Construcción, prevención, detección y extinción de incendios). En ambos casos, los capítulos prácticamente se han vuelto a redactar y se han actualizado.

Se hicieron enmiendas al capítulo II-1 se referidas a los siguientes aspectos: mamparos de colisión en los buques de carga, buques de pasaje destinados al transporte de vehículos de mercancías y el personal de éstos.



Enmiendas de 1983

La finalidad de las enmiendas era tomar en consideración los nuevos adelantos técnicos y también estipular lo necesario para la evaluación e introducción de dispositivos o medios de salvamento de carácter innovador.

Por ello incluye unas cuantas modificaciones de forma en el capítulo II-1 y otras del capítulo II-2. El Comité de Seguridad Marítima CSM, concluyó que dichas modificaciones eran de vital importancia para la seguridad de graneleros y en especial de buques de pasaje.

El capítulo III fue revisado y ampliado de 38 reglas a 53, y llevando el título de "Dispositivos y medios de salvamento". Los cambios estaban destinados a garantizar la disponibilidad operacional de los buques, así como el abandono del buque, la supervivencia de las personas, la detección y el rescate de los supervivientes, en condiciones de seguridad. Algunas prescripciones tratan de las operaciones y los ejercicios periódicos con dispositivos de salvamento. Revisa las prescripciones relativas a balsas salvavidas adicionales, equipo radioeléctrico de salvamento, luces de los chalecos salvavidas y ayudas para facilitar la detección. Puesto que el mayor riesgo en caso de accidente es el de morir de hipotermia el nuevo capítulo incluye una serie de prescripciones destinadas a reducir este riesgo exigiendo dispositivos como trajes de inmersión y ayudas térmicas de protección.

También hace mención a los botes de rescate pensados para salvar personas en peligro y concentrar la actuación de embarcaciones de supervivencia.

Los buques de pasaje deben llevar a cada costado botes salvavidas parcial o totalmente cerrados, cuya capacidad conjunta baste al menos para dar cabida al 50% de las personas a bordo. En los buques de pasaje que realizan viajes internacionales cortos (transbordadores) los botes salvavidas en ocasiones podrán ser sustituidos por balsas salvavidas.

También en el capítulo III se prescribe la necesidad de que las embarcaciones de supervivencia puedan ponerse a flote con escoras de hasta 20° por ambos costados. En el mismo capítulo se hace mención sobre la puesta a flote de los botes salvavidas que se podrá hacer aún llevando el buque una arrancada de hasta 5 nudos.

Enmiendas de 1989

En abril de 1989 el CSM aprobó nuevas enmiendas al Convenio SOLAS, entrando en vigor el 1 de febrero de 1992. Se enmendaron varias reglas del capítulo II-1, la más importante quizás la regla 15, que trata de las aberturas en los mamparos estancos de los buques de pasaje. Desde el 1 de febrero de 1992 ha tenido que equiparse a los



buques nuevos, excepto en casos específicos, con puertas de corredera motorizadas, que se deben poder cerrar desde una consola en el puente en un tiempo inferior a 60 segundos. Se especifica claramente que todas las puertas estancas han de mantenerse cerradas excepto en circunstancias excepcionales.

Enmiendas de 1990

Hace mención especial al Capítulo II-2 sobre Construcción, prevención, detección y extinción de incendios. Gran parte de las enmiendas hacen referencia a los buques de pasaje construidos el 1 de enero de 1994 o posteriores. Se centra en particular a las medidas de seguridad contra incendios a bordo de buques tales como los modernos cruceros, en los que son frecuentes grandes espacios abiertos como los atrios.

Los atrios se definen como espacios públicos que abarcan tres o más cubiertas y contienen materiales combustibles, como mobiliario, y espacios cerrados, como tiendas, despachos y restaurantes. Se revisa la regla con el fin de prescribir que tales espacios tengan dos medios de evacuación, uno de ellos con acceso directo a un medio de evacuación vertical cerrado. La regla también exige que ese tipo de espacios estén equipados con un sistema de extracción de humo que pueda accionarse manualmente y también ser activado por el sistema de detección de humo de obligatoria instalación en dichos espacios. Otra regla se ha modificado con objeto de que sea obligatorio que dichos espacios estén protegidos con un sistema automático de rociadores.

También se enmienda el capítulo 3 referente a la formación y ejercicios periódicos relativos a los procedimientos de abandono del buque, así esta nueva enmienda incluye la formación específica y ejercicios para casos de emergencia impartidos a bordo del buque.

Enmiendas de 1992

Estas se refieren a la mejora de la estabilidad con avería en los buques de pasaje. Las medidas de seguridad contra incendios son más rigurosas para los buques de pasaje ya existentes, introducidas mediante las enmiendas al capítulo II-2, incluyen prescripciones obligatorias para la detección de humo y sistemas de alarma y rociadores en los espacios de alojamiento y de servicio, troncos de escalera y pasillos. Entre otras mejoras cabe citar la instalación de alumbrado de emergencia, sistemas generales de alarma para casos de emergencia y otros medios de comunicación.

En el capítulo II-2 se introdujeron importantes enmiendas en relación con la prevención de incendios en los buques de pasaje nuevos. Las enmiendas afectan a varias reglas, que tratan de cuestiones tales como el dimensionamiento de las bombas contra incendios, el mecanismo de descarga de los sistemas de extinción de incendios a base de dióxido de carbono, la prohibición de instalar nuevos sistemas a base de halones, y los sistemas fijos de detección de incendios y de alarma contra incendios. Se



añadió una nueva regla, por la que se obliga a los buques que transporten más de 36 pasajeros a llevar planos que contengan información sobre las medidas de seguridad contra incendios. Se introducen prescripciones relativas a la integridad de los mamparos y las cubiertas frente al fuego así como las puertas contraincendios.

Una regla sobre medios de evacuación, es objeto de una importante enmienda: determina que en los buques nuevos construidos después del 1 de octubre de 1994 estarán prohibidos los pasillos en los que sólo exista una vía de evacuación. Todos los medios de evacuación deben estar indicados mediante alumbrado o franjas fotoluminiscentes que no se encuentren a más de 0,3 m por encima de la cubierta. Las vías y salidas de evacuación deben estar indicadas con luces.

Otras enmiendas obligan a los buques de pasaje nuevos que transporten más de 36 pasajeros a llevar un sistema de alarma de detección de incendios centralizado en un puesto de control que ha de tener dotación permanente y desde el que sea posible controlar el sistema de detección de incendios, las puertas contraincendios, las puertas estancas, los ventiladores, las alarmas, el sistema de comunicaciones y el micrófono del sistema de altavoces.

Enmiendas de 1994

En la conferencia del SOLAS se introducen tres nuevos capítulos al convenio.

Capítulo IX: Gestión de la seguridad operacional de los buques, cuyo objetivo principal del nuevo capítulo es hacer obligatorio el Código internacional de gestión de la seguridad (IGS).

El Código IGS define los siguientes objetivos: establecer prácticas de seguridad en las operaciones del buque y en el medio de trabajo; tomar precauciones contra todos los riesgos señalados; mejorar continuamente los conocimientos prácticos del personal sobre gestión de la seguridad, así como su grado de preparación para hacer frente a situaciones de emergencia.

Capítulo X: Medidas de seguridad aplicables a las naves de gran velocidad, surge debido a los nuevos tipos de naves de gran velocidad que se están construyendo, lo que se pretende con este nuevo capítulo es que haya una reglamentación internacional de obligado cumplimiento en la que se tengan en cuenta las necesidades especiales de este tipo de nave. El capítulo X entró en vigor el 1 de enero de 1996.

El Código de naves de gran velocidad (Código NGV) se aplica a las naves de gran velocidad que realicen viajes internacionales e incluye las naves de pasaje que en el curso de su viaje a plena carga no estén a más de cuatro horas de un lugar de refugio a la velocidad normal del servicio y las naves de carga de arqueo bruto igual o superior a 500 que en el curso de su viaje no estén a más de ocho horas de un puerto de refugio.



En el proyecto de código se han incluido, entre otras naves, los aerodeslizadores y los hidroalas.

Es objetivo fundamental del Código establecer niveles de seguridad que sean equivalentes a los prescritos en el Convenio SOLAS y en el Convenio internacional sobre líneas de carga.

Capítulo XI: Medidas especiales para incrementar la seguridad marítima, entró en vigor el 1 de enero de 1996 constando de cuatro reglas.

Enmiendas de Mayo de 1994

Se enmienda el Capítulo II-2 introduciendo mejoras relativas a las medidas de prevención de incendios por combustibles líquidos, aceites lubricantes y otros aceites inflamables.

Enmiendas de Junio de 1996

Se sustituye todo el capítulo III sobre medios y dispositivos de salvamento, incorporando en el nuevo texto todas las innovaciones tecnológicas que ha habido referente a éste capítulo desde que se revisó por última vez en 1983. También muchas de las prescripciones de carácter técnico se trasladan al nuevo Código Internacional de dispositivos de salvamento, Código IDS, de aplicación a todos los buques construidos a partir de Julio de 1998.

Se enmiendan partes del Capítulo II-1 que pasa a titularse como “Construcción, estructura, compartimentado y estabilidad, instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas”. Es de especial mención las enmiendas que afectan a la estabilidad de buques de pasaje y buques de carga después de averías.

Enmiendas de Diciembre de 1996

Se hacen enmiendas al Capítulo II-1 añadiendo la prescripción que los buques de pasaje y de carga deberán estar dotados de un sistema que permita que la fuente de energía eléctrica de los equipos necesarios para la propulsión y el gobierno del buque se mantengan o restablezcan inmediatamente en caso de caída de la planta.

A su vez también se enmienda de nuevo el Capítulo II-2 modificando especialmente la parte B del mismo referente a medidas de seguridad contra incendios en buques de pasaje.

Enmiendas de Junio de 1997

Se modifica el Capítulo II-1, incorporando una nueva regla referente a “Prescripciones especiales para los buques de pasaje que no sean de transbordo rodado y que transporten 400 o más pasajeros” obligando a este tipo de buques cumplir con las



reglas establecidas para los buques de pasaje de transbordo rodado surgidas a raíz del desastre del Estonia. Estas prescripciones tienen por objetivo la seguridad de que el buque va a conservar la flotabilidad sin zozobrar teniendo dos compartimientos principales inundados a causa de una avería.

Enmiendas de 1997

En esta nueva conferencia se añade un nuevo capítulo XII al convenio SOLAS, denominado Medidas de Seguridad Adicionales Aplicables a los Graneleros.

Enmiendas de 2000

Se enmienda una regla del Capítulo III, haciendo obligatoria la existencia de zonas de aterrizaje y evacuación para helicópteros en buques de pasaje y de transporte rodado.



2.2. El desastre del Herald Of Free Enterprise y la respuesta legislativa de la OMI

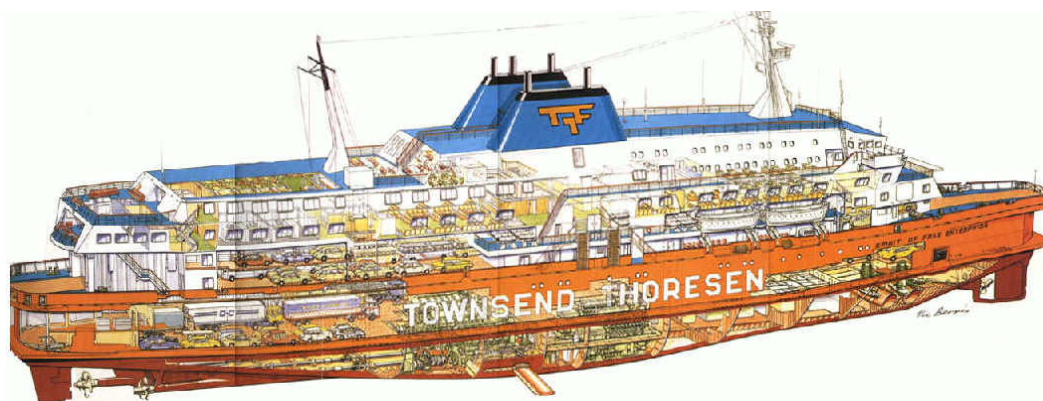
2.2.1. Historia del accidente

El viernes 6 de Marzo de 1987 el ferry Herald of Free Enterprise partió a las 18:05h del puerto belga de Zeebrugge en viaje de línea regular hacia el puerto inglés de Dover. A bordo viajaban 459 pasajeros y 80 tripulantes, además, el ferry cargaba en sus dos cubiertas de carga rodada 81 coches particulares, 47 camiones de distintos tamaños y 3 autobuses. El Herald of Enterprise nunca llegó a su destino, se hundió en medio del Canal de la Mancha y en este trágico accidente fallecieron 193 personas.



· Foto 12: el ferry Herald of Free Enterprise en navegación.

El ferry fue construido en Bremerhaven, Alemania, en 1980 por los astilleros Schichau Unterweser, era uno de una serie de tres buques iguales entregados a la compañía británica Townsend Thoresen para afrontar con garantías y competitividad el tráfico de pasajeros, vehículos y carga rodada por el Canal de La Mancha. Tenía una eslora de 132 metros, una manga de 22,7 metros y un desplazamiento de 13601 T.R.B. Podía transportar hasta 1300 pasajeros y 350 vehículos, incorporaba dos portones de carga y descarga del rodado, uno a proa y otro a popa y disponía de dos cubiertas para la carga rodada. Su velocidad de servicio era de 22 nudos.



· Foto 13: disposición general del Herald of Free Enterprise.

Ese día el Herald of Free Enterprise no cubría su línea regular habitual Dover-Calais sino que tuvo que partir de Zeebrugge para cubrir la línea regular Dover-Zeebrugge, pues uno de los buques de la compañía que cubría esta ruta se encontraba fuera de servicio. Este detalle a priori se puede considerar insignificante, pero el hecho de atracar en Zeebrugge implicó por cuestiones de instalaciones de estiva y logística que el ferry solo pudiera operar con una de las dos cubiertas de carga rodada y no simultáneamente con las dos como era habitual. Esto se tradujo en un mayor tiempo para la estiva del buque y el consiguiente retraso en la partida del buque respecto al horario previsto, con lo que las prisas y nervios entre la tripulación aumentaron y así mismo el riesgo de cometer errores. Además, por temas de marea en el puerto de Zeebrugge, se tuvieron que lastrar dos tanques de proa para conseguir un asiento aproante de 4 pies para poder trabajar con normalidad en condiciones de marea alta por la tarde.

A las 17:00h comenzó a embarcar el pasaje y sus coches respectivos, los vehículos particulares, al estivarse al principio, quedaron más a popa mientras que los vehículos pesados, por ser los últimos en ser estivados, quedaron más a proa, ayudando así al ferry a partir con un asiento aproante.

A las 18:05h comenzó el procedimiento de maniobra para salir del puerto de Zeebrugge. Al desatracar el buque del muelle y durante la salida del puerto el portón de proa aun permanecía abierto. Esta circunstancia era habitual en las maniobras del ferry, pues cerrándola en el proceso de abandono del puerto se reducía el tiempo en que este estaba parado.

El responsable de cerrar el portón de proa era el segundo conrmaestre y el responsable de comprobar-lo era el primer oficial. Se produjo un cambio de guardia sobre las 18:10h y el conrmaestre marchó a su camarote sin haber cerrado la puerta pensando que ya lo haría su relevo, como ya había pasado tantas otras veces. A su tiempo, el relevo no comprobó que el portón estuviera cerrado porque no era su función ni responsabilidad y porque pensó que o el conrmaestre o algún otro



miembro de la tripulación ya habría cerrado el portón como tantas otras veces había sucedido. Además el 1r Oficial subió al puente sobre las 18:20h donde debiera estar desde un cuarto de hora antes, con lo que con las prisas supuso cerrado el portón de proa sin comprobar-lo.

El moderno diseño del buque, permitía a los portones de proa y popa que, en lugar de abrirse de lado y hacia arriba, se deslizaban horizontalmente. De este modo si la puerta estaba cerrada o abierta no se podía vislumbrar desde el puente, además, no existía ningún sistema de testigos luminosos que permitiera comprobar el estado de las puertas desde el mismo.

El Herald of Free Enterprise zarpó de Zeebrugge a las 18:05h acompañado por los últimos rayos de sol del día, con una temperatura ambiente de 0°C, una suave brisa del Este y la mar en calma. En estas circunstancias y aún con el portón de proa abierto, el ferry podría haber llegado a Dover con relativa normalidad ya que con la mar en calma, la ola de proa no debiera alcanzar el hueco del portón de proa. Por desgracia, un par de detalles marcaron la diferencia entre la tragedia sucedida y una simple travesía más con algo de turbación.

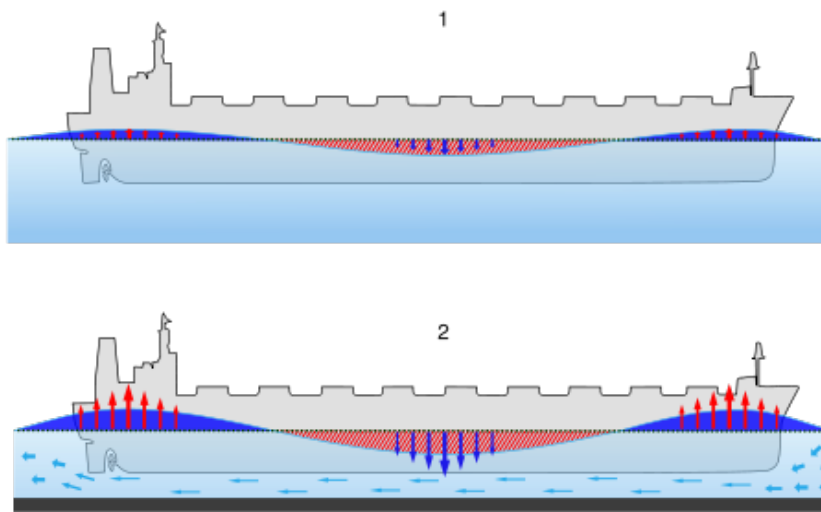
Los tanques de lastre de proa, lastrados para facilitar la operativa de la carga, habían empezado a deslastrarse a las 17:40h, aún así, a las 18:25h cuando el ferry estaba entre las puntas del puerto, este navegaba con un asiento aproante de 3 pies y con una velocidad de 12 nudos. El asiento aproante dificultaba la capacidad de maniobra del buque. Un asiento de 3 pies aproante a velocidad de avance toda (22 nudos) habría permitido la entrada de un poco de agua con las olas de proa pero nunca la suficiente como para hundir el barco.

Pasadas las puntas del puerto de Zeebrugge, el capitán Lewry advirtió la dificultad de maniobra debida al asiento aproante del buque y mostró su descontento con la gestión del agua de lastre realizada hasta el momento. Ordenó 6 puntos avante para alcanzar una velocidad de 18 nudos, con lo que el barco empezó a cabecear. Al navegar en las aguas poco profundas de la salida del puerto y aumentar la velocidad del buque se produjo el denominado “efecto squat”.

El “efecto squat” es el cambio de calado y trimado de un buque que se produce como resultado de las variaciones de presión hidrodinámica sobre el casco del buque, en su movimiento en aguas de poca profundidad. Es un efecto hidrodinámico en el que las capas de agua de la zona circundante al casco se aceleran, lo que origina una disminución de la presión de empuje sobre el casco y por tanto un hundimiento del casco por la presión del desplazamiento, con lo que la distancia entre la quilla y el fondo desciende y aumenta el calado. Además las formas del casco alteran el “efecto squat”, en los buques con coeficiente de bloque próximo a 1, es decir, de formas más llenas o redondeadas, tienden a hundir más su proa, este es el caso del Herald of Free



Enterprise; mientras que los buques con coeficiente de bloque menor, de formas más afinadas, tienden a hundir la popa. A mayor velocidad de navegación, mayor es este efecto.



· Foto 14: gráfico del efecto "squat" en un mercante en aguas poco profundas.

En el caso del Herald of Free Enterprise debido al "efecto squat" el calado aumentó entre 1,3 y 1,9 metros. En ese punto el agua empezó a entrar en tromba por la apertura del portón de proa y recorrió rápidamente toda la cubierta inferior que, por ser para la carga rodada era corrida, es decir, sin mamparos. Se estima que el caudal inicial de entrada de agua por el portón era de 3 toneladas por segundo. Al entrar el agua esta desplazó a todos los vehículos de la cubierta baja de transporte rodado y aquellos tripulantes que se encontraban aún trincando la carga murieron aplastados por los vehículos y el agua.

Todo el peso del agua, junto con los vehículos arrastrados por la misma se desplazaron a una banda por el efecto de las superficies libres y el buque escoró unos 30º a babor en menos de un minuto. A mayor escora mayor era el caudal de agua que entraba por el portón y más se hundía el buque, adquiriendo una aún mayor escora entrando así en un bucle de fatalidad que acabó con el Herald of Free Enterprise hundido en el fondo del mar con media manga sobresaliendo del agua en menos de 3 minutos. El buque quedó a media milla dirección Noroeste de la bocana del puerto de Zeebrugge, escorado 95º a babor y con y con el costado apoyado en el fondo.

Todo ocurrió tan deprisa e inesperadamente que desde el puente de mando no fue posible pedir auxilio ni alistar los medios de salvamento del buque. Por suerte, una draga que realizaba sus funciones en la bocana del puerto vio como el Herald of Free Enterprise zozobraba y quedaba a oscuras, avisó al centro de control del puerto (Zeebrugge Port Control).

Por suerte, unidades navales de la OTAN estaban realizando maniobras militares en una zona muy cercana, y pudieron mandar ayuda inmediatamente. Un helicóptero



británico lanzó al agua un par de buceadores que consiguió rescatar más de 33 personas que se encontraban atrapadas en la parte sumergida de la cubierta de la cafetería. Al ser el accidente en una zona de elevado tráfico marítimo y muy cercana al puerto, la operación de salvamento fue inmediata y masiva. Al poco tiempo, 2 unidades navales, 30 embarcaciones civiles y 9 helicópteros que lanzaron un total de 19 buceadores, estaban participando en la operativa de salvamento.



· Foto 15: posición de equilibrio en la que permaneció el Ferry después de la gran escora.

La mayoría de los supervivientes fueron trasladados a una zona del puerto de Zeebrugge que se habilitó como centro de crisis y se instalaron 11 equipos médicos situados en tres puntos distintos para atender a los heridos. Después se les trasladaba a hospitales civiles o militares o se les enviaba a un hotel a pasar la noche. En la operativa de salvamento en general se constató que autoridades civiles y militares trabajaron descoordinadamente. El total de fallecidos fue de 193.

Se realizó una investigación, por parte de un estamento británico, sobre el accidente; en ella se concluyó que tanto tripulación como naviera habían sido gravemente negligentes en cuestiones de seguridad, mando y organización del trabajo.

Salieron a la luz las siguientes informaciones, que sumadas entre otras, desencadenaron en el fatal accidente.

- Era práctica habitual de la compañía partir de puerto con los portones aún abiertos para ahorrar tiempo de plancha. Al menos en 5 ocasiones anteriores, otros buques de la compañía ya habían salido a la mar con alguno de los portones abiertos, incluso uno de los buques que formaban la serie de 3 buques iguales, entre ellos el Herald of Free Enterprise, ya había navegado durante varias horas con el portón de proa sin cerrar.
- En el ferry Herald of Free Enterprise, debido al régimen y carga de trabajo, se solapaban 5 dotaciones distintas de oficiales con 3 dotaciones distintas de subalternos, resultando pues imposible establecer un único equipo de trabajo con unas consignas



claras en la operatividad y seguridad del buque. De este modo llegaron a pasar 56 oficiales por el ferry en 5 meses y en el último viaje solo se encontraba un oficial a bordo.

- El llamado “negative reporting system”, su sistema de control del buque establecía que: El capitán, si no recibe noticias de lo contrario, asumirá que el buque está listo en todos los aspectos para navegar a la hora de zarpar. Además en el mismo documento se pedía a la tripulación que tuvieran conciencia de la urgencia de salir a navegar siempre lo antes posible.

- En 1983, uno de los capitanes de la compañía ya había pedido la instalación de testigos luminosos del estado de las puertas o de indicaciones en el puente del mismo, tras salir a navegar con los portones de proa y popa abiertos.

- La bomba de lastre del Herald of Free Enterprise necesitaba 90 minutos para deslastrar completamente los tanques de lastre de proa y evitar así el asiento aproante. Tanto el capitán Lewry como otros 2 capitanes de la compañía ya habían advertido esta circunstancia a la naviera alegando las dificultades de maniobrabilidad que suponía partir de puerto con asiento aproante. A esto la compañía contestó que no era razonable demorar todas y cada una de las salidas del ferry 1 hora y 30 minutos por problemas de maniobrabilidad. Incluso el jefe de máquinas había solicitado reiteradas veces una bomba de agua de lastre de alta capacidad y su petición fue desestimada por la naviera por costar la bomba de agua de lastre de alta capacidad 25000 libras, precio que consideraron prohibitivo.

- El puente de mando no disponía de indicadores de calado.

- Había exceso de pasajeros sin billetes nominados.

La investigación concluyó que el accidente ocurrió por negligencia en el correcto cumplimiento de sus funciones, tanto del capitán Lewry, como del primer oficial y del segundo contramaestre. Así como por múltiples negligencias cometidas por parte de la naviera.

La naviera en cuestión era la compañía P&O, era una compañía de prestigio contrastado hasta el momento, pero 2 meses atrás compró la británica Townsend Thoresen, propietaria del Herald of Free Enterprise, sus hermanos gemelos y otros buques de pasaje y ro-ro. En este tiempo se consideró que no pudo cambiar la gestión de estos buques y noblemente, la compañía Townsend Thoresen reconoció la responsabilidad total del accidente.

En conclusión, como en muchos otros accidentes, una conjunción de causas y errores fueron los que llevaron al Herald of Free Enterprise a este fatal desenlace. Las más importantes residen en el factor humano. La presión por la sobrecarga de trabajo



inducida por la naviera a la tripulación fue la principal causante del error humano. Bajo presión, tanto segundo contra maestre como primer oficial abandonaron su puesto sin haber cumplido sus obligaciones, el primero por ir a descansar sin cerrar el portón de proa, y el segundo por ir al puente de mando sin comprobar que el portón estuviera cerrado.

Otro factor clave para el fatal desenlace fue el diseño del ferry, que no permitía observar visualmente el estado de los portones desde el puente de mando. Además la no existencia de mamparos en las cubiertas corridas de la carga rodada facilitó la desestabilización del buque cuando entró el agua por proa. Otro aspecto del diseño del ferry era la no existencia en el puente de indicadores de calados del buque ni de testigos luminosos en los portones o el puente sobre el estado de las mismas.

El asiento a proa ante más el aumento de calado producido por el “efecto squat” al aumentar la velocidad en aguas poco profundas fueron los detonantes de la catástrofe.

Pero quizás el motivo o la causa de mayor importancia que hizo que el hundimiento se convirtiera en una catástrofe en cuanto a pérdidas de vidas humanas se refiere, fue la mala gestión del abandono del buque unido a la rapidez en la que este se hundió y la descoordinación de las fuerzas de salvamento civiles y militares.



· Foto 16: reflatamiento y recuperación del Herald of Free Enterprise meses después del siniestro.

2.2.2. Respuesta legislativa de la OMI

Después del accidente del Herald off Free Enterprise la OMI publicó estudios sobre la seguridad en buques ro-ro y de pasaje, en los que se constataba que si bien no había más accidentes de buques ro-ro que de cualquier otro tipo de buques, sí que en ellos se perdían más del 33% de las vidas humanas que se pierden el mar.



Poco después del accidente, el Reino Unido, para que no se repitiera el fatal suceso, se presentó ante la OMI con una serie de requerimientos y enmiendas al SOLAS separadas en tres bloques distintos. Al respecto, el primer paquete de medidas se aprobó en el mes de abril del mismo año. La OMI, para incrementar la seguridad en buques ro-ro, estableció la obligatoriedad de instalar detectores de entrada de agua en las cubiertas de carga rodada; instalar indicadores de posición de los portones en el puente; instalar indicadores de calado en el puente para cuando este no se pueda vislumbrar desde el exterior; instalar iluminación de emergencia con una autonomía mínima de 3 horas en los espacios de uso público del buque; a nivel de especificaciones de diseño de nuevos buques se hizo hincapié en exigir más estabilidad residual tras iniciarse el proceso de inundación del buque; y a nivel de puertos se estableció la obligatoriedad de contar de forma sistemática todos y cada uno de los pasajeros que embarquen en el buque.

Enmiendas al SOLAS de 1988

Abril 1988

El primer paquete de medidas fue aprobado por el MSC en abril de 1988. Se endureció las especificaciones a cumplir por buques de un solo compartimiento estableciendo nuevos criterios entre los valores del factor de subdivisión y el número de compartimentos a inundar.

La OMI transformó en enmiendas al SOLAS el paquete de medidas propuestas y ahora están recogidas en la Regla 8 del SOLAS. Las enmiendas afectan a la regulación 23 y 42 del Capítulo II-1 del SOLAS, generando así las regulaciones 23-2 y 42-1.

La regulación 23 trata sobre la integridad de la superestructura y casco y la prevención, control y daños que puedan sufrir. La nueva regulación 23-2 obliga a:

- Disponer de indicadores en el puente de mando para todas las aperturas en el casco, que puedan provocar una inundación mayor de un espacio de carga rodada o un espacio de categoría especial en caso de permanecer abiertas durante la navegación.
- Disponer de medios de vigilancia por televisión o de monitorización por medios efectivos de los espacios especiales o de carga rodada para controlar el movimiento de la carga, la presencia de fuego, la presencia de agua o la presencia de pasajeros no autorizados durante la navegación.
- Instalar un sistema de pocetes en la cubierta de rodado, que al llenarse hagan sonar una alarma al puente de mando.



La regulación 42 trata sobre las fuentes de energía eléctrica de emergencia en los buques de pasaje. La nueva regulación 42-1 trata del alumbrado suplementario de emergencia para los buques de pasaje Ro-Ro y obliga a:

- Incorporar en todos los espacios públicos y pasadizos del buque alumbrado suplementario de emergencia con una autonomía de al menos tres horas cuando hayan fallado todas las otras fuentes de energía eléctrica y ante cualquier condición de escora.
- Si no se dispone de alumbrado suplementario de emergencia, deben incorporarse lámparas portátiles de pilas recargables en los espacios de tripulación, espacios públicos y espacios habitualmente ocupados por razones de trabajo.

Dado el revuelo y la importancia mediática que adquirió el accidente del Herald off Free Enterprise, se empleo el procedimiento denominado “aceptación táctica” para poner las nuevas enmiendas en vigor en el menor tiempo posible. En el proceso habitual, las enmiendas entran en vigor 2 años y medio desde su aprobación por el MSC, pero aplicando el procedimiento “aceptación táctica” se permite, en casos especiales, al MSC elegir un periodo de entrada en vigor de las enmiendas aceptadas menor a los 2 años y medio pero que no sea inferior a 1 año y medio. Era la primera vez que se empleaba este procedimiento y se consiguió poner las enmiendas en vigor tan solo 18 meses después de su aprobación por el MSC, concretamente el 22 de Octubre de 1989.

Octubre 1988

En Octubre del mismo año, el MSC se reunió de nuevo, en un periodo no habitual, a expensas de tratar el segundo paquete de medidas propuesto por el Reino Unido. Esta vez, las enmiendas aceptadas por el MSC no entraron en vigor hasta el 29 de Abril de 1990.

La enmienda más importante se aplica a la regulación 8 del mismo y su objetivo es mejorar la estabilidad de los buques de pasaje en condiciones de avería o daño estructural. Dicha enmienda llevaba tiempo siendo estudiada, desde 1982 cuando otro buque ro-ro, el European Gateway, abordó a otro buque y acabó zozobrando también en aguas poco profundas con su costado apoyado en el fondo del mar. Aquella vez solo hubo que lamentar 5 víctimas mortales. El accidente del Herald of Free Enterprise apresuró la finalización y aceptación de esta enmienda. Esta enmienda establece que deben proporcionarse al capitán datos sobre la estabilidad del buque y su variación respecto los diferentes asientos que pueda tener el barco.

La enmienda en cuestión amplía a gran escala la acuración y optimización de los momentos escorantes y otros factores para evitar el zozobro de los buques después de una avería. Para ello toma en cuenta factores como la aglomeración de pasajeros en



una banda del buque, la puesta a flote de los botes y balsas de supervivencia a cada banda, los efectos del viento, etc. se estipula un ángulo máximo de escora después de la inundación inicial y antes de adrizarse el buque de 15 grados.

Otros cambios importantes a partir de las enmiendas del octubre de 1988 fueron los siguientes:

- Obligatoriedad de los buques de disponer escalas de calados marcadas claramente en la proa y popa. El buque dispondrá de un sistema preciso de indicación de calados en una localización que permita el aprecio de los calados con facilidad.
- Antes de la salida del buque del puerto, se debe determinar el trimado y la estabilidad del buque.
- Se añade la regulación 20-1, que requiere un sistema de bloqueo y cierre de los portones de carga rodada que debe accionarse y acometer su función antes que el buque se desamarre del muelle y hasta que este vuelva estar amarrado en el puerto de llegada.
- Se añade la regulación 22-3, que establece un intervalo de no más de cinco años, en el cual debe inspeccionarse el desplazamiento en rosca de los buques de pasaje, para verificar o no algún cambio que pueda afectar a la posición del centro de gravedad longitudinal. El desplazamiento en rosca está compuesto por el peso del buque compuesto por el casco, la maquinaria, las superestructuras pero sin combustible, pertrechos, víveres ni tripulantes. Un cambio en el desplazamiento en rosca o del centro longitudinal de gravedad superior al 2% puede afectar a la estabilidad del buque.

Enmiendas al SOLAS de 1989

Abril de 1989

Este paquete de nuevas enmiendas sigue el patrón de los dos anteriores propiciados por el hundimiento del Herald of Free Enterprise. El paquete de enmiendas fue aprobado por el comité de la OMI de seguridad marítima MSC en el Abril de 1989 y no entró en vigor hasta el 1 de Febrero de 1992.

Estas nuevas enmiendas concebían cambios sobretodo en los capítulos II-1 y II-2 del convenio SOLAS, que abordan temas específicos de la construcción del buque y de la prevención, detección y extinción de incendios a bordo respectivamente.

Concretamente, el capítulo II-1 aborda el comportamiento o evolución del buque y su estabilidad. También trata sobre la maquinaria que instalará el buque y los equipos eléctricos. Una de las enmiendas más importantes aceptadas sobre este capítulo tiene como objeto reducir, en la medida de lo posible, el número y el tamaño de las



aberturas en los mamparos estancos de los buques de pasaje y a garantizar su cerramiento excepto en caso de emergencia.

- Se modifica la regulación 15, que trata de las aberturas en los mamparos estancos en los buques de pasaje. Se establece que a partir del 1 de Febrero de 1992 los buques de nueva construcción deberán equipar, en las aberturas de los mamparos estancos, puertas deslizantes automáticas con fuente de energía propia. Excepto en casos específicos, deben poderse cerrar en menos de 60 segundos desde un mando remoto situado en el puente de navegación. Las puertas estancas permanecerán cerradas en condiciones normales de navegación.

- Para buques de nueva construcción a partir del 1 de Febrero de 1992 con una eslora igual o superior a 100 m se realizan cambios en la subdivisión de espacios de carga, maquinaria, tanques de lastre y combustible y se debe realizar el cálculo del daño posible a la estabilidad en los buques de carga, incluyendo a los buques de carga Ro-Ro.

Sobre el capítulo II-2 que trata sobre la prevención, detección y extinción de incendios, se añaden mejoras sobre los sistemas fijos de detección de humos, sistemas de extinción de incendios por CO₂ y sistemas de trasiego y carga del combustible a bordo.

En este mismo marco, se establece, para los grandes espacios públicos abiertos como son atrios que ocupan más de 2 cubiertas espacios públicos cerrados como puedan ser tiendas, restaurantes, etc. que puedan contener sustancias fácilmente inflamables como mobiliario, pertrechos y demás.; lo siguiente.

- Dichos espacios tendrán 2 vías de escape para la evacuación, una de ellas con acceso directo a una vía de evacuación principal vertical cubierta.

- Dichos espacios incorporaran sistemas de detección y extracción de humos, este último debe poder accionarse manualmente desde el espacio en cuestión. También incorporaran un sistema de rociadores automáticos.



2.3. El Incendio del MS Scandinavian Star y la respuesta legislativa de la OMI

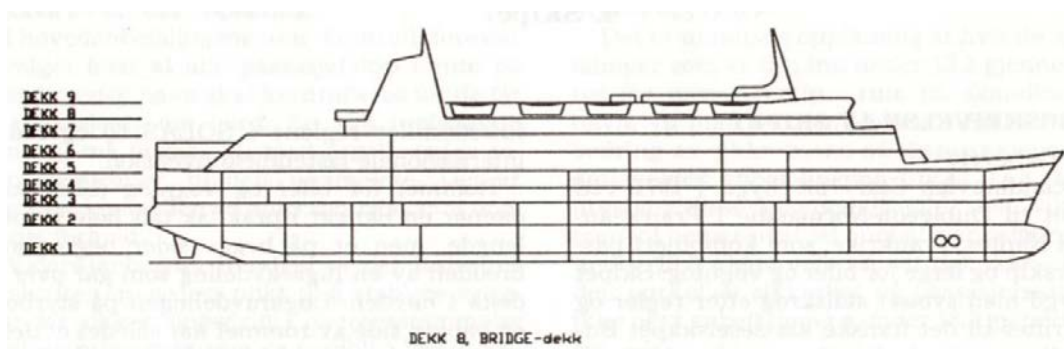
2.3.1. Desarrollo del incendio

El buque Scandinavian Star fue un Ro-Pax construido en Francia en 1971 que realizaba la línea Frederikshavn - Oslo entre Dinamarca y Noruega. La noche del 6 de abril de 1990 zarpó de Oslo por última vez a las 21:45 h. Horas más tarde, un fatal incendio se cobraría la vida de 158 personas a bordo.



· Foto 17: el Scandinavian Star en navegación.

El buque de 141.60 metros de eslora, 21.9 metros de manga y 5.5 metros de calado, constaba de 9 cubiertas y su diseño le permitía el transporte de pasajeros, automóviles y camiones. Su distribución era la siguiente: *Cubierta 1*; Sala de máquinas, *Cubierta 2*; Sala de Máquinas, cámaras frigoríficas y camarotes de tripulación, *Cubierta 3*; cubierta de automóviles y camiones y camarotes de pasaje, *Cubierta 4*; cubierta de automóviles y camiones y camarotes de pasaje, *Cubierta 5*: camarotes de pasaje, *Cubierta 6*: salones de pasaje, restaurantes y tiendas, *Cubierta 7*: tiendas, camarotes de oficiales y cubierta de botes, *Cubierta 8*: puente, camarotes de oficiales, sala de baile, *Cubierta 9*: cubierta abierta.

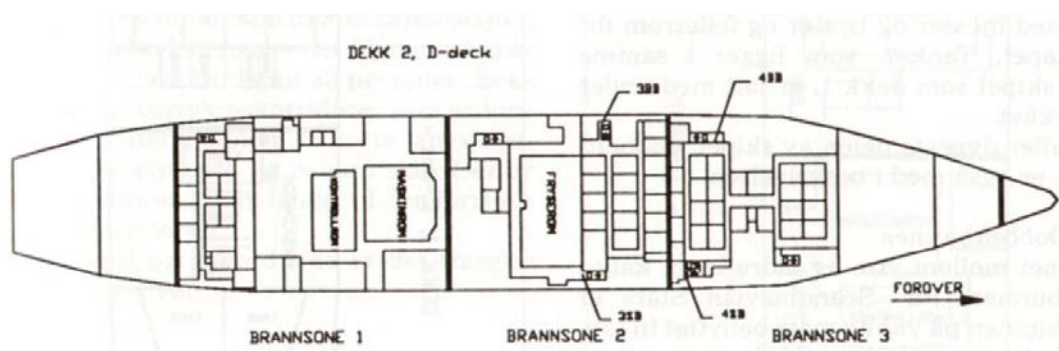


· Foto 18: distribución de cubiertas del Scandinavian Star.



El barco se construyó de acuerdo con los requisitos del Convenio SOLAS de 1960. Su sistema y medidas contraincendios se diseñaron a partir del Método 1 descrito en este convenio, de manera que sus mamparos internos estaban dotados de materiales resistentes a la propagación de incendios. Los espacios destinados al pasaje fueron contruidos con revestimiento de asbesto. Los mamparos tenían 30 mm de espesor y estaban recubiertos por una fina capa de laminado de PVC de 15 mm de espesor. Los techos también revestidos por planchas de silicato de asbesto de 10 mm de espesor y también contaban con una cobertura de laminado de PVC pero de 1.5 mm de espesor. No obstante en 90 camarotes de la cubierta 5, el espesor de PVC llegaba hasta los 4 mm.

El barco se distribuía en tres zonas verticales para evitar la propagación de un posible fuego, enumeradas desde la popa (1, 2, 3), estos mamparos que dividían las secciones principales eran de acero con resistencia al fuego A-60. Las cubiertas 3, 4 y 5 contaban con 4 escaleras por cada costado, también se enumeraban desde popa, las escaleras de la cubierta 3 llegaban hasta la cubierta 1 y las escaleras de la cubierta 4 llegaban hasta la cubierta 2. A parte también había distintas escaleras centrales pero no tenían continuidad a través de las cubiertas.



· Foto 19: planta de la cubierta 2 del Scandinavian Star donde se aprecia la división de los 3 mamparos principales de acero A-60 resaltados con un grosor mayor.

Las puertas de acceso a las escaleras eran del tipo A-60 de cierre automático. Debido a que el Scandinavian Star fue diseñado a partir del Método 1, no fue equipado con detectores automáticos de humo, ni sistemas automáticos de lucha contra incendios, no obstante espacios como la sala de máquinas sí que incorporaban sistemas de esta índole. Por todo ello en caso de incendio en zonas fuera de la sala de máquinas debía activarse manualmente.

El buque que había estado operando en el área de Miami haciendo viajes de crucero cortos, fue adquirido en marzo de 1990 por el grupo Vognmandsrutenque DA-NO Linjen que lo puso a operar entre Noruega y Dinamarca. Los nuevos propietarios lo pusieron a navegar con solamente 9 miembros de la tripulación habitual, la gran mayoría de ellos pertenecientes al departamento de máquinas. El resto de la



tripulación se formo con miembros de la tripulación del buque que cubría esta línea y que el Scandinavian Star iba a sustituir, la mayoría de ellos era de nacionalidad portuguesa.

El buque comenzó a operar el 1 de Abril la nueva línea y hasta el 6 de Abril no tuvo percance alguno. El Scandinavian Star zarpó de Oslo a las 21:45 horas al mando el capitán Hugo Larsen, con 99 miembros de tripulación y 383 pasajeros a bordo. Entre las 1:45 y las 2:00 de la madrugada del 7 de Abril se descubrió un pequeño incendio en un cesto de ropa en la cubierta 4, por el costado de babor y en frente del camarote 416. Aquel fue un pequeño incendio que pudo apagarse rápidamente. Sin embargo, aunque no fuera de importancia, acorde con el SOLAS 60, al detectarse un incendio a bordo el capitán debería haber activado la alarma de evacuación y ordenando la evacuación del buque, pero no fue así.



· Foto 20: foco de ignición del primer incendio extinguido, se puede apreciar en la imagen derecha el trozo de cartón usado para iniciar el fuego en la ropa de cama.

Poco después de las 2:00 horas un segundo incendio se desató en la cubierta 3 en frente del camarote 219, por el costado de estribor, cerca del tronco de la escalera 2 Er.



· Foto 21: pasillo de estribor de la cubierta 3 donde se inició el segundo y principal incendio a popa de la escalera 2 Er, en la imagen izquierda se aprecia la puerta abierta del camarote 219.



Debido a que esta cubierta no estaba ocupada en aquel momento nadie se percató del incendio y el fuego se propagó rápidamente. A las 2:24 horas el capitán pidió socorro por radio. A las 3:20 determinó que el fuego ya estaba fuera de control y dio la orden de abandono de buque. A las 11:55 de la mañana el buque comienza a ser remolcado hacia el puerto de Lysekil, en Suecia, a donde finalmente llegó a las 19:17 horas. A esta hora el Scandinavian Star todavía estaba en llamas. El incendio se apagó sobre las 16:00 horas del domingo 8 de abril. En su interior se encontraron 158 personas muertas como causa directa del incendio, siendo 156 pasajeros y 2 tripulantes los fallecidos en el siniestro. De los fallecidos 125 murieron por inhalación de monóxido de carbono derivado de la combustión, 10 como causa del calor y los 23 restantes por inhalación de cianuro de hidrógeno proveniente de la combustión del revestimiento de algunos mamparos.



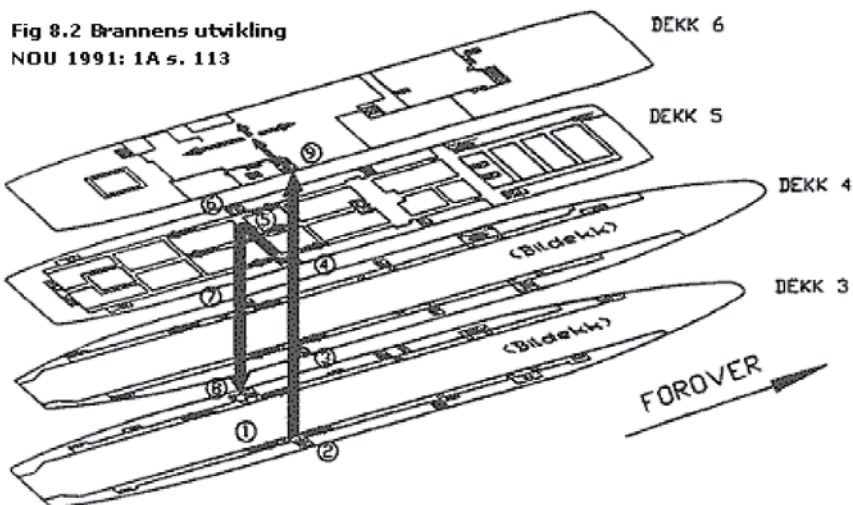
· Foto 22: el Scandinavian Star todavía en llamas durante las tareas de extinción atracado ya en el puerto de Lysekil.

Los cuerpos fueron hallados en su mayoría en las cubiertas 4 y 5, en los siguientes lugares: 14 cuerpos en los camarotes del costado de estribor de la cubierta 4 a proa de la escalera 2-Er, 19 cuerpos en el costado de estribor de la cubierta 4 a popa de la escalera 2-Er, 28 cuerpos en el área entre recepción y escalera 2-Er y 2-Br de la cubierta 5, 39 cuerpos en el área a popa de las escalera 2-Er y 2-Br de la cubierta 5.

Tras la posterior investigación por parte de Suecia, Noruega y Dinamarca se determinó que ambos incendios, el que se detectó a tiempo, y el posterior que llevó al desastre, fueron provocados intencionalmente, al aplicar una llama sobre las ropas de cama, en el primer caso, y sobre papeles en el segundo. No obstante nadie fue acusado de ambos incendios por lo que la autoría sigue siendo desconocida.



Tras la investigación se estimó que el fuego se propagó de la siguiente manera: Este comenzó pasadas las 2:00 horas de la madrugada. Entre 2 y 8 minutos después, el calor desprendido por el fuego desarrolló una energía suficiente para inflamar rápidamente los mamparos de los pasillos (1). El fuego se propagó rápidamente hacia la escalera 2-Er (2). A través de la misma, se propagó rápidamente (aproximadamente 1 minuto) hacia la cubierta 3 y sus pasillos, puesto que la puerta contra incendios a proa del tronco de escalera permanecía abierta, permitiendo el paso del humo y las llamas sin obstáculo alguno (3). Al cabo de 2 o 3 minutos el humo llegaba a la cubierta 5, inundando todos los pasillos de la misma (4). Una vez que el fuego llegó a la cubierta 5 por el costado de estribor, este se extendió al costado de babor por un pasillo transversal (5). Una vez incendiado el costado de babor de la cubierta 5, el fuego se pudo propagar hacia abajo por el tronco de escalera 2 Br, a la cubierta 4 (6). En la cubierta 4, el humo invadió todo el costado de babor, no obstante todos los pasajeros de esta sección habían sido evacuados (7). El fuego siguió propagándose hacia abajo, hacia la cubierta 3, donde la puerta contra incendios que daba acceso a la cubierta del garaje de automóviles y camiones, también se encontraba abierta (8). El fuego alcanzó también a la zona del restaurante en la cubierta 6, a través de una puerta contra incendios que, de nuevo permanecía abierta, en la parte superior de la escalera 2-Er (9).



· Foto 23: secuencia temporal de la propagación del fuego a través de las distintas cubiertas.

De tal manera que en cuestión de 8 a 12 minutos después de haberse iniciado el incendio, la mayoría de los pasillos donde murió la gente, quedaron inundados por un humo muy nocivo. Se constató que al iniciarse el incendio la ventilación estuvo funcionando, consiguiendo así una presión positiva dentro de los camarotes, impidiendo que el humo no entrara en los mismos. Pero a las 2:30 horas la ventilación fue parada y el humo empezó a entrar en los camarotes inundándolos de humo. Se



estimó que las 158 personas que perecieron, ya estaban muertas antes de las 2:45 horas.

Sin lugar a dudas fue una conjunción de causas las que hicieron que el número de víctimas fuera tan elevado siendo las principales:

- A pesar de que el buque fue construido en el año 1971, se presuponía que el "Scandinavian Star" cumplía con los requerimientos del SOLAS de 1960 y posteriormente de 1974, aunque después del incendio se hallaron numerosas deficiencias. Entre otras que hubiera tiendas y pañoles en la cubierta garaje de automóviles y camiones. En la misma cubierta numerosas toberas de los rociadores, estaban obstruidas por óxido. Las botellas presurizadas del sistema de extinción de CO₂ estaban estibadas de un modo incorrecto dificultando su accionamiento. En la cubierta de garaje de automóviles por el costado de babor había una puerta contra incendios con serias deficiencias. Algunos de los motores de los botes salvavidas requerían reparaciones y tenían en general un mantenimiento bastante pobre. En la popa de la cubierta 6 faltaba una puerta contra incendios que había sido sustituida por una simple puerta acristalada.

- Hubo un fallo grande en el sistema de alarma ya que cuando el fuego se propagó la mayoría del pasaje se encontraban durmiendo en sus camarotes. Por ello la alarma tendría que tener el suficiente nivel sonoro para alertar y despertar a toda la gente que se encontraba durmiendo. No obstante, se comprobó que solo en el 37% de los camarotes, la intensidad sonora de la alarma acústica alcanzaba los 68 dB necesarios para poder ser oída aún estando durmiendo. A parte existía el agravante que la alarma sonaba únicamente si esta era activada desde el puente, ya que no se trataba de una alarma de incendio automática. Posteriormente también se demostró que desde el puente no se hizo sonar la alarma durante los periodos de tiempo estipulados que permitiesen alertar a la totalidad del pasaje.

- También llama la atención que los espacios reservados al pasaje, se determinara que las alfombras no fueron la causa de la rápida propagación del fuego, si no que fue el laminado de plástico de los mamparos y los techos, de apenas 1.5 mm de espesor, el que provocó esa ignición tan rápida de los pasillos y espacios de pasaje y que contribuyó en gran parte con el fatal resultado del siniestro. A parte de que dicho material al combustionar despidió abundante monóxido de carbono y cianuro de hidrógeno, ambos productos muy tóxicos. Su distribución casi continua por los mamparos y techos favoreció la propagación del fuego de una manera implacable.

- Las puertas contra incendio contaban con dispositivos de cierre, que se podían ser accionados desde el mismo lugar, y de forma remota desde el puente. No obstante se encontraron varias puertas contra incendio que permanecieron abiertas en las áreas incendiadas. Este hecho constató que allí no había nadie que pulsara el botón para



accionar la puerta, o el botón de alarma para avisar al puente de que en el emplazamiento había un incendio. Puesto que las puertas no eran de accionamiento automático y al no recibir el puente una señal de alarma proveniente de la cubierta 3 (lugar donde se inició el fuego) debido a que allí no había nadie, la puerta contra incendios de esta zona, que daba acceso a la escalera 2-Er, nunca fue cerrada. Esto permitió al fuego propagarse las escaleras, y de estas hacia las otras cubiertas. Además de otras puertas contra incendio que también permanecieron abiertas por el mismo motivo de que al no haber en la zona nadie que pulsara la alarma o accionara la puerta esta no se cerró ni el puente fue apercebido de tal situación.

- Otro factor a tener en cuenta fue que si la ventilación no hubiera sido detenida a las 2:30 horas probablemente se hubiera dado un mayor margen de tiempo para que la gente de los camarotes afectados por el incendio, se hubieran percatado de la situación antes de morir asfixiados por la inhalación del humo sin apenas haberse levantado de su cama. Ya que mientras se mantuvo en funcionamiento, la presión generada por la corriente de aire de la ventilación impidió la entrada de humo en los camarotes. No obstante la presencia de un flujo de aire constante de aire en las primeras etapas del fuego, favoreció la propagación del mismo.

- Determinante también fue que muchas de las vías de escape se llenaron rápidamente de humo, este hecho dificultó notablemente la evacuación del pasaje. Continuos cambios de dirección en los pasillos, pasillos sin salida y escaleras sin continuidad a través de las distintas cubiertas favorecieron también que el clima reinante de caos y confusión desencadenara en una tragedia. Un ejemplo claro estaba en la cubierta 5, pasillo de estribor, sector de popa. Ese pasillo no tenía salida en esa dirección y como consecuencia 13 cuerpos fueron hallados en aquel pasillo. Lo que había al fondo de ese pasillo era una puerta, pero no de salida, era la puerta de acceso a un pañol. Al cambiar el buque de armador y al ponerlo a operar entre dos países de habla escandinava, el lenguaje de los letreros también debió haber sido cambiado por el idioma local. Tampoco los pasajeros fueron provistos de sus respectivas hojas informativas de actuación y evacuación en caso de emergencia, cosa que hizo que al desatarse el incendio se encontraran desorientados sin saber muy bien qué hacer, ni hacia dónde dirigirse. Delante esta situación de descontrol generalizado hubiera sido de vital importancia, para disminuir la cantidad de víctimas, un liderazgo eficiente por parte de los miembros de la tripulación, para guiar al pasaje hacia zonas seguras para la evacuación, pero desgraciadamente no fue del todo así.

- La conducta de la tripulación del buque tampoco fue la óptima para evitar el desastre. Tenía a todos sus oficiales correctamente cualificados y todos poseían los certificados requeridos por la legislación vigente. Sin embargo se concluyó que los oficiales que estaban a cargo de la navegación, deberían haber tenido un mayor entrenamiento en temas referidos a la seguridad marítima. Se encontró también que



existieron numerosos problemas de comunicación entre tripulación y pasaje debidos a causas del lenguaje, ya que los tripulantes portugueses tenían escaso conocimiento del idioma inglés. Pero quizás el error más grave fue la falta de coordinación entre los miembros de la tripulación, quizás por eso no se llevó a cabo ningún intento decidido por apagar el fuego. Se hicieron sonar las alarmas solamente durante un corto periodo de tiempo, y que la mayoría de ellas tenían el timbre de volumen excesivamente bajo, dificultando la tarea de despertar a los que dormían. La tripulación tampoco aplicó ningún plan eficiente en la tarea de organizar la evacuación de los pasajeros hacia zonas seguras.

Resumiendo fueron una sucesión de acontecimientos conectados trágicamente los que desencadenaron tragedia del "Scandinavian Star". Claro quedó que el buque no se encontraba en condiciones para salir a navegar con pasaje en su nuevo destino, ya que solamente conservaba 9 tripulantes de su antigua tripulación bien conocedora del buque. A diferencia del resto que eran nuevos y no estaban familiarizados con el lugar de trabajo, por tanto en situación de emergencia el buque se encontraría a merced de tripulantes con poca preparación y conocimiento del medio. Aún sabiendo de la falta de conocimiento de la mayoría de la tripulación no se instruyó ni a tripulantes ni al pasaje en sus roles y obligaciones en caso de emergencia.

El sistema manual de alarmas, falló por varios motivos: tres de estas alarmas estaban fuera de servicio, el 63% de las alarmas tenían bajo su volumen y sonaron durante un periodo demasiado corto de tiempo para alertar a todo el mundo.

No hubo un liderazgo claro ni adecuado por parte de la tripulación, ni para controlar el incendio, ni para organizar la evacuación de los pasajeros hacia zonas seguras. Los problemas idiomáticos causados por la ausencia de un lenguaje común contribuyeron a la falta de organización y eficacia durante el abandono y reunión del pasaje.

Algunas de las puertas contra incendio permanecieron abiertas, en zonas afectadas por el fuego, debido a que los detectores de humo no eran automáticos. Faltaba incluso una puerta contra incendio, que había sido reemplazada por una convencional.

Al detener la ventilación, sin haber sido despertados todos los pasajeros, permitió al humo entrar en los camarotes produciendo una muerte por inhalación sin apenas notarlo. Además el humo era mortalmente tóxico, debido a la composición de los materiales de los laminados plásticos de los mamparos y los techos de determinadas zonas del pasaje.

En los distintos pasillos invadidos por el humo, este impidió ver los carteles que indicaban las vías de escape, ya que estaban situados demasiado arriba a la altura de los ojos. Los que su visibilidad no resultó obstruida por el humo, estaban en inglés, y no en el escandinavo propio del lugar.



El mal diseño de los pasillos, algunos sin salida y con escaleras interrumpidas y sin continuidad, hicieron que el salir de según qué emplazamiento fuera una tarea demasiado compleja por alguien no habituado al buque. El humo contribuyó a crear mucha confusión para hallar las vías de escape.

En las cubiertas con más riesgo de incendio había rociadores que se encontraban obstruidos y no funcionaron. Los botes salvavidas no contaban con el mantenimiento adecuado y mostraban claras deficiencias.

El desastre del "Scandinavian Star" mostró la importancia que puede llegar a tener la detección de un incendio a tiempo, así como su posterior respuesta organizada por parte de la tripulación para extinguirlo, y en caso de no poderse controlar la aplicación de un plan de evacuación organizado, que previamente deberá ser puesto en práctica por los miembros de la tripulación durante los ejercicios de situaciones de emergencia a bordo.

2.3.2. Respuesta legislativa de la OMI

Tras el fatal incendio y en pleno debate sobre la seguridad en los buques Ro-Ro y Ro-Pax a raíz del también famoso accidente del Herald of Free Enterprise, llevó a un acuerdo general de mejoramiento de los estándares para los buques existentes. No obstante la mayoría de los Estados Miembros de la OMI eran de la opinión que el estándar del SOLAS 90 era demasiado alto y tradicionalmente los mayores cambios en el diseño de buques habían sido aplicables solamente a los buques de nueva construcción debido al alto costo que conllevaba su aplicación en los buques ya existentes.

La aplicación de la modificación del estándar SOLAS 90 a los buques existentes significaba la modificación de una gran parte de la flota mundial de Ro-Pax. En algunos casos los cambios a realizar eran bastante extensos y debido a su gran coste económico los llevó al desguace y a ser remplazarlos por buques nuevos.

Con todo el proceso legislativo en marcha se hicieron varias enmiendas al Capítulo II-2 a raíz del accidente del Scandinavian Star, que nuevamente desencadenó la preocupación de la opinión pública acerca de este tipo de buques aunque el hecho de que el buque fuera un Ro-Pax no contribuyó al desastre.

Por todo ello la OMI empezó a tomar acciones y desarrolló un número de enmiendas al capítulo II-2 del SOLAS las cuales fueron adoptadas en Abril de 1992 y de aplicación obligatoria a los buques existentes. Desde el 1 de Octubre de 1994, todos los buques de pasaje con más de 36 pasajeros a bordo, tienen que estar provistos de planos de evacuación hacia zonas seguras y folletos informativos de actuación para la prevención



de incendios. También se requiere que miembros de la tripulación hagan patrullas de vigilancia contra incendios, siempre provistos con radioteléfonos bidireccionales portátiles. Se incluyen otros requerimientos referentes a los aspersores de agua nebulizada, equipos espumógenos portátiles y boquillas de mangueras, todas las prescripciones tienen como finalidad la mejora de los medios para combatir un posible incendio a bordo.

A partir de Octubre de 1997 se exige que todos los espacios de habitabilidad y servicio, escaleras interiores y pasillos deberán estar equipados con detectores de humo y sistemas de alarma automática así como un sistema de rociadores. Se hacen también otros requerimientos relativos a los parámetros del sistema de alarma de emergencia así como el alumbrado de emergencia.

Entrando en vigor en Octubre de 2000 la norma de que todas las escaleras de la acomodación y zonas de servicio deberán ser de acero y determinados espacios de máquinas deberán incorporar un sistema fijo de extinción de incendios, ya sea de aspersión de agua, nebulización de agua o por sofocación mediante CO₂. Otros requerimientos exigidos son la instalación de mirillas en conductos de ventilación y puertas contra incendios.

El hecho más destacable de las enmiendas de Abril de 1992 es que fueran de aplicación a buques ya existentes, debido a la necesidad de mejorar las medidas contra incendios a bordo de la flota mundial después de ver el fatal resultado en el Scandinavian Star.

Posteriormente se incluyeron un nuevo paquete de enmiendas en Diciembre de 1992. Esta vez pero relativas principalmente a los estándares de seguridad contra incendio para buques de pasaje y Ro-Pax de nueva construcción, construidos a partir de la entrada en vigor de las mismas en Octubre de 1994.

Los nuevos cambios también fueron referentes a los requerimientos del capítulo II-2 relativos a la protección contra incendios de buques de pasaje nuevos. Varias regulaciones se verán afectadas, ya que tratan de materias como el tamaño y capacidad de las bombas contra incendios, los mecanismos de accionamiento de los sistemas de extinción de incendios por dióxido de carbono, la prohibición de la utilización de nuevos sistemas de extinción mediante halón, debido a su efecto nocivo a la capa de ozono. Así como sistemas de detección fijos de incendios y alarma de incendio.

Esta nueva regulación fue añadida siendo obligatoria para los buques que transporten a más de 36 pasajeros. Deberán contar con los correspondientes planes de información ante emergencias, actuaciones y medidas de seguridad contra incendio. También se tratan las regulaciones sobre la integridad contra incendios de los



mamparos y cubiertas que de nuevo son enmendadas. Se modifica una regulación referente a los medios de escape: estableciendo que los corredores y pasillos con una sola ruta de escape serán prohibidos en buques de nueva construcción. Así también obliga a que todos los medios de escape deberán de estar señalizados con alumbrado visible o cintas indicadoras foto luminiscentes colocadas a no más de 0.3 metros por encima del suelo de cubierta. El alumbrado deberá identificar de forma clara las rutas y salidas de escape.

Se hacen también requerimientos para las puertas contra incendio, proponiendo varias mejoras al respecto y dictaminando que los buques de pasaje que lleven más de 36 pasajeros tendrán que estar equipados con rociadores automáticos, sistemas de alarma y detección contra incendio. La alarma deberá ser centralizada en una estación de control que deberá estar en todo momento atendida así como deberá ser posible el control del sistema de protección contra incendios, puertas contra incendios, puertas estancas, ventilación, sistemas de comunicación y altavoces del sistema de alertas e informaciones al pasaje.



2.4. La tragedia del Estonia y la respuesta legislativa de la OMI

2.4.1. Historia del accidente

El martes 27 de Septiembre de 1994 el ferry Estonia partió a las 19:15h del puerto estoniano de Tallinn en viaje de línea regular hacia el puerto sueco de Estocolmo. A bordo viajaban 803 pasajeros y 186 tripulantes, y viajaba a plena carga. El Estonia nunca llegó a su destino, se hundió en medio del mar Báltico y en este trágico accidente fallecieron 852 personas.



· Foto 24: el MS Estonia en navegación.

El ferry fue construido en Papenburg, Alemania, en 1979 y botado en 1980 por los astilleros Meyer Werft, en su origen, el buque tenía que ser para una compañía noruega, SF Line, que cubría el tráfico regular entre Noruega y Alemania, pero esta ya tenía más barcos en construcción y cedió la concepción del buque a la compañía Rederi AB Sally, que formaba parte del consorcio denominado Viking Line. El buque al cambiar de propietario fue concebido como el hermano gemelo de otro buque de la nueva compañía, el Diana II, construido el 1979 por el mismo astillero. El Estonia incorporaba, respecto a los buques construidos anteriormente por el mismo astillero en la misma línea, un aumento de la eslora de 137 a 155 m y un nuevo diseño de la superestructura y del castillo de proa, la proa era articulada y se abatía hacia arriba para permitir la carga y descarga del rodado, a este tipo de proa se le denomina visera; el portón de proa, quedaba dentro de la visera durante la navegación y en puerto se abatía hacia el muelle cuando la visera estaba abierta.



·Foto 25: detalle de la visera abatible hacia arriba y el portón de proa del Estonia.

El Estonia había navegado con fines comerciales desde el 1980 bajo los nombres de Viking Sally, Silja Star y Wasa King, pasó a llamarse Estonia cuando la compañía EstLine Marine Company lo adquirió año y medio antes del accidente.

Tenía una eslora de 155 metros, una manga de 24.21 metros y un desplazamiento de 15.000 T.R.B. Podía transportar hasta 2000 pasajeros y 460 vehículos, disponía de 9 cubiertas, su velocidad de servicio era de 21 nudos.

Ese día el Estonia cubría su línea regular habitual Estocolmo-Tallinn, trayecto que cubría en unas 12 horas. El buque partió del puerto de Tallinn a las 19.15h con la mar ya agitada. A medida que avanzaban las horas el tiempo iba a peor llegando a alcanzar algunas olas hasta 6 metros de altura y aumentado progresivamente. Las olas golpeaban de proa y la visera de proa no cesaba de ser castigado por la fuerza de su impacto.

A la mitad del trayecto, sobre la 01:00h de la madrugada del miércoles 28 de Septiembre, y debido a la fuerza del impacto de las olas y un fallo estructural de construcción, los elementos de fijación de la visera, tres cilindros hidráulicos, se partieron y se produjo un gran estruendo metálico en la zona de proa. Un miembro de la tripulación que se encontraba en la zona avisó al puente de mando de dicho estruendo y fue mandado a comprobar la existencia de daños o cualquier anomalía en la zona. Al inspeccionar la proa no encontró nada fuera de lo normal, pues el portón de proa impedía visualizar el estado de la visera; tampoco se escuchó ningún estallido ni estruendo más así que informó al puente de que todo transcurría con normalidad.

Las olas continuaban castigando la visera, que, ya sin los elementos de sujeción, no paraba de golpear la parte superior del portón de proa debido al fuerte oleaje, y



pronto cedieron los elementos de trincaje del portón produciendo de nuevo un gran estruendo. El puente fue avisado de nuevo de los estruendos producidos en la zona de proa. Se decidió mandar al mismo tripulante a inspeccionar de nuevo la zona, pero no se decidió reducir la velocidad en previsión de lo que pudiera pasar. Finalmente el portón se abatió ligeramente sobre la visera y quedó descansado en la parte interior de la visera, golpeándola en cada ola y dejando una ligera abertura por la que empezó a entrar agua.

Mediante el circuito cerrado de vigilancia de televisión un miembro de la tripulación advirtió la entrada de agua en la cámara de máquinas, pero no le dio importancia, interpretó que el agua era procedente de la lluvia y que ya sería achicada por las bombas de achique cuando sonaran las alarmas de máximo nivel de los pocetes respectivos y no aviso al puente del avistamiento de agua en el interior del buque.

Efectivamente las bombas de achique empezaron a achicar el agua, pero el caudal a achicar era tal que estas quedaron desbordadas y dieron alarma a la sala de control. Cuando el jefe de máquinas fue a comprobar el porqué del desbordo de las bombas de achique se encontró con la cubierta de rodado inundada con medio metro o más de agua.

Debido al fuerte oleaje la visera finalmente cedió y cayó abajo sobre el bulbo, en el mismo instante, el portón de proa, que descansaba sobre la visera, y ya sin elementos de trincaje se abatió hacia abajo dejando una abertura en el casco de grandes dimensiones. Se produjo un grandísimo estruendo que fue advertido por casi todos los pasajeros. También por el puente de navegación donde inmediatamente se percibió el gran peligro que se corría para la integridad del buque y todo cuanto moraba en él, pero no lograban comprender ni el qué ni el por qué había pasado. No podían ver la rampa ni percibir el gran agujero que había quedado en proa, los pilotos que indicaban el estado de funcionamiento de los trincajes del portón y la rampa de proa indicaban que estos estaban correctamente trincados. La confusión en el puente era tal que se demoró la señal de alarma general para alertar a los pasajeros.

En seguida, toneladas de agua empezaron a entrar por la proa del buque y el buque escoró 15º a estribor.

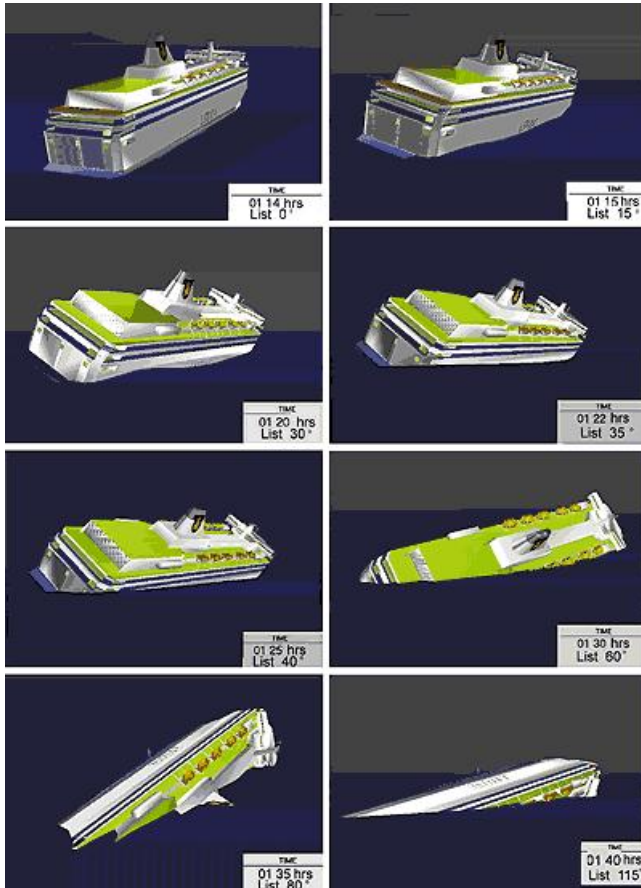
El miembro de la tripulación que había sido mandado de nuevo a inspeccionar la zona de proa tras el segundo gran estruendo nunca llegó a su objetivo pues por el camino topo con múltiples pasajeros muy alterados y aterrados que sin sentido corrían y alertaban sobre la presencia de agua en la cubierta 1. Este aviso al puente de la situación.

En el puente, aún no conscientes de la magnitud del agujero en proa, para contrarrestar la escora y adrizar el buque en la medida de lo posible, se decidió reducir



la velocidad y virar hacia babor para colocar la banda escorada a ras de las olas y el viento, así el propio oleaje y la fuerza del viento ayudarían a adrizar el buque.

Desgraciadamente esta decisión fue fatal, pues con el buque un poco más adrizado, debido al aumento considerable de calado por la entrada de toneladas de agua por proa, la fuerza del agua rompió portillos y ventanales de las cubiertas inferiores, que ya



estaban a nivel del mar o bajo él, y por ambos lados el agua irrumpió con fuerza y rapidez dentro del buque acelerando así el proceso de hundimiento del Estonia. El buque empezó a escorar hacia estribor.

A las 01:20h los motores principales dejaron de funcionar y el buque quedó a la deriva, el movimiento de la carga rodada y el oleaje hacían balancear cada vez más al Estonia y este iba escorándose irremediamente hacia estribor.

No fue hasta 2 minutos más tarde, ya si ningún gobierno sobre el buque, a las 01:22h, se mando el primer mensaje de auxilio, SOS, desde el puente. Por aquello entonces el grado de escora ya era de 20 a 30 grados y aumentando.

· Foto 26: reproducción de la secuencia del hundimiento del Estonia.

También finalmente se activo la alarma de emergencias para todos los pasajeros y tripulantes del buque, pero el pánico y el caos ya se habían apoderado del pasaje, muchos pasajeros se habían ahogado ya en las cubiertas inferiores, y otros tantos se encontraban atrapados en el vestíbulo sin poder escapar por estar las escaleras impracticables.

La escora seguía aumentando, la mayoría de botes salvavidas no pudieron ser liberados debido a la escora excesiva. Sobre las 01:30h el puente de navegación ya estaba tocando la superficie del agua, y en menos de 5 minutos, el Estonia ya estaba escorado 90° a babor en medio del Mar Báltico. Y en 20 minutos el barco ya se había hundido.



Pocos fueron los pasajeros y tripulantes que pudieron llegar a la cubierta de botes y balsas salvavidas, y más pocos los que sobrevivieron. Las condiciones de la mar eran extremadamente duras, frío, viento, grandes olas, etc.

Al cabo de 50 minutos después de realizar la primera llamada de SOS, aproximadamente a las 02:12h, apareció en la zona el primer buque para auxiliar en medida de lo posible a los supervivientes. Este fue otro ferry, el Mariella, que logró sacar a muchos de los supervivientes del agua.



· Foto 27: una de las balsas salvavidas del Estonia inundada por el agua.

Otros 50 minutos más tarde, sobre las 03:00h llegaron a la zona los helicópteros de salvamento, que debido a las dificultades meteorológicas tuvieron muchos problemas para sacar las balsas del agua, perdiendo alguna vida y equipo de salvamento durante la operativa.

No fue hasta las 09:00h de la mañana que las últimas balsas fueron rescatadas por los helicópteros y se pudieron salvar los últimos supervivientes. El total de supervivientes fue de 137 personas.

Tras las respectivas investigaciones por parte primera de un grupo estamentos oficiales estonios, finlandeses y suecos, se concluyó que los cilindros hidráulicos de sujeción de la visera de proa, habían fallado debido a los impactos de las olas del mar por no tener la resistencia adecuada y se señaló al astillero alemán como principal culpable. Se concluyó también que la tripulación había tardado demasiado tiempo en avisar al puente de los hechos que se iban desarrollando. Quizás así, con más tiempo de reacción, se hubieran podido tomar decisiones más acertadas. Finalmente se concluyó que desde el puente de navegación se tardó demasiado en dar la señal de alerta general para todo el buque, pudiéndose haber salvado muchos más pasajeros y tripulantes si esta se hubiera activado con más antelación.

Paralelamente un grupo de expertos alemanes inició en 1995 una investigación sobre el caso Estonia. Este grupo desestimó las conclusiones citadas anteriormente formuladas por el grupo de investigación formado por estamentos estonios, finlandeses y suecos y concluyó lo siguiente:



- El buque Estonia no estaba en condiciones de navegar cuando salió del puerto de Tallinn.

- El buque Estonia no estaba en condiciones para navegar puesto que el buque estaba sobreexplotado por la compañía y que las inspecciones a las que se hubiera sometido, no habían sido suficientemente rigurosas.

En 1999, un grupo de expertos suecos fundó la agencia AgnEf, para realizar una investigación precisa sobre el caso Estonia y sacar las verídicas causas del accidente. Este grupo también desestimó las conclusiones publicadas por los estamentos oficiales y les acusó de falsificación de la verdad. Este grupo sacó a la luz un informe que revelaba cuanto era veraz y cuanto era falso de lo concluido por los estamentos oficiales y además aportaba nuevos datos relevantes sobre las causas reales del accidente del ferry Estonia.



· Foto 28: recuperación de la visera desprendida de la proa del Estonia.

El informe aportaba nueva información al respecto:

- Antes de la salida del Estonia de Tallinn, la rampa de proa y sus cajas de trincado para los pasadores de seguridad estaban en un muy mal estado, tal que ninguno de los pasadores podía entrar en las cajas de trincado ni estar en una posición que permitiera a la rampa actuar en el cierre.

- El cable de alambre de estribor de sujeción de la rampa fue manipulado y desengrillado después del accidente, por algún motivo concreto y también fueron cortadas las barandillas inferiores de la rampa de proa. Dichas acciones no constaban en ningún informe oficial.



- Los daños producidos en la parte inferior de la parte interior de la visera fueron significativamente aumentados durante el proceso de su recuperación del fondo del mar y los informes oficiales al respecto no lo contemplaron.
- Había daños significantes en las planchas de la roda del bulbo, que, aparentemente, solo pueden haber sido causados por un objeto de fuerza similar. Puede ser que el buque colisionara con tal objeto a la salida del puerto o en un viaje anterior.
- Había un agujero en la parte del forro de la cubierta de rodado que tampoco constaba en ningún informe oficial.

En conclusión, como en muchos otros accidentes, una conjunción de causas y errores fueron los que llevaron al Estonia a este fatal desenlace. Las más importantes residen en la sobreexplotación del buque por parte de la compañía y el poco control del estado del buque por parte de las inspecciones de las autoridades competentes. Antes de salir las condiciones de los elementos de trincaje y cierre de la rampa y la visera ya eran precarias, con lo que el accidente, hubiera sucedido, sino en este viaje en algún otro próximo.

Otros puntos significativos fueron que las bisagras de la base del portón tenían fracturas por tensión, la rampa solo iba sujeta por el gancho de estribor y no por ambos, el mal estado de la cajas de anclaje y sus pasadores respectivos del lado de babor, que les impidió acometer su función; el Estonia sufrió una colisión en la parte inferior de la roda del bulbo, lo que pudo provocar un agujero en el forro en la banda de babor; no existía una separación longitudinal en la cubierta del rodado.

De las investigaciones no oficiales también se dedujo que se produjo una gran explosión cerca del mamparo frontal de estribor, así como que los restos del Estonia habían estado manipulados con algún motivo aparente. Estas extrañas circunstancias han provocado un enturbiamiento del caso pues dan pie a especulaciones y conspiraciones, quizás ciertas, sobre que se transportaban en el Estonia explosivos y otro tipo de material secreto del gobierno Sueco y que se ha tratado de encubrir.

El motivo o la causa de mayor importancia que hizo que el hundimiento se convirtiera en una catástrofe en cuanto a pérdidas de vidas humanas se refiere, fue la mala gestión del abandono del buque unido a la rapidez en la que este se hundió y a la descoordinación de la fuerzas de salvamento y buques civiles.

2.4.2. Respuesta legislativa de la OMI

Después del accidente del Estonia, una vez más, la opinión pública volvió a cuestionarse seriamente la seguridad del transporte marítimo de personas y concretamente sobre aquellos buques que transportan pasaje y carga rodada, pues no era la primera vez que se perdían un gran número de vidas por problemas con los



portones de proa de este tipo de buques. La OMI, de nuevo puso en marcha toda la maquinaria al respecto y en seguida publicó nuevas enmiendas que afectaban a la seguridad y estabilidad de los buques de pasaje y los buques de pasaje de transbordo rodado.

En Octubre 1994 la OMI se propuso revisar a través de un grupo de expertos los aspectos principales referentes a la seguridad de los buques Ro-Ro de pasaje. Este grupo propuso a la comunidad internacional las siguientes propuestas:

- El refuerzo y la estanquidad de los portones de acceso del rodado al buque ya sean de proa o popa.
- Incremento de la reserva de flotabilidad o de presencia de mamparos.
- Evaluación de los medios de seguridad y supervivencia y dispositivos de evacuación a bordo.
- Preparación de pautas para proceder en caso de condiciones meteorológicas adversas, dando respuesta a distintas dimensiones y modalidades del buque Ro-Ro así como a las áreas de operación del buque.
- Mejorar la comunicación a bordo, especialmente en casos en que pasaje y tripulación puedan hablar idiomas distintos.
- Revisión y evaluación de informes de accidentes de buques Ro-Ro sucedidos hasta la fecha por parte de las autoridades competentes, y aplicación de nuevas directrices para mejorar la seguridad del buque en base a la experiencia.

El MSC, presento un exhaustivo informe sobre seguridad en los buques Ro-Ro. Este paquete motivaría que más de un buque, por aquello entonces en servicio, debería ser mandado directo al desguace y por ello se estableció un largo periodo para la aplicación del paquete de medidas para que el impacto económico sobre la industria marítima no fuera arrollador.

Enmiendas al SOLAS de 1995

Noviembre de 1995

En una conferencia de la OMI celebrada en Noviembre del 1995, un mes después del hundimiento del Estonia, se aprobaron importantes enmiendas destinadas a mejorar la seguridad del transporte marítimo rodado y de pasaje. Las enmiendas entraron en vigor el 1 de Julio de 1997, y se aplicó una vez más el proceso de aceptación táctica para implementar los nuevos estándares de seguridad que devolvieran la confianza en el transporte marítimo por parte de la opinión pública cuanto antes.



Las modificaciones más importantes afectaban a los criterios de estabilidad del buque. Se obligó a todos los buques de transbordo rodado a cumplir con la norma SOLAS 90., sobre estabilidad en caso de entrada de 0.5m de altura de agua en la cubierta de carga rodada. Esta última disposición no fue aceptada por la mayoría de países miembros, pues implicaba un número brutal de cambios para las estructuras de muchos buques y tantos otros no lo podrían asumir y deberían ser mandados a desguace. En su lugar se estableció que cada autoridad marítima competente regulase el transporte marítimo de transbordo rodado propio con directrices que pudieran propiciar, en la medida de lo posible a corto plazo y en su totalidad a largo plazo, el cumplimiento de la norma SOLAS 90.

Una de las nuevas obligaciones era incorporar una segunda línea de defensa ya fuera porta interior o visera tras el portón de carga rodada de proa, así como la incorporación de un sistema de alarma auditiva para el estado de los portones de carga rodada. Se establecieron también nuevos estándares para los sistemas de achique, para el trincado de la carga, para las inspecciones de las autoridades competentes, para los procedimientos establecidos de búsqueda y rescate en caso de accidente y sobre el convenio STCW para la formación de la gente de mar.

También se modificó la regla 8-2 referente a la flotabilidad del buque, se establece que para aquellos buques de transbordo rodado que transporten 400 pasajeros o más, deben ser concebidos de tal modo que con dos compartimentos inundados, deben conservar la flotabilidad.

Otros cambios se realizaron referentes al capítulo III del SOLAS referente a los dispositivos y medios de salvamento, para mejorar sus prestaciones y facilidad de uso por cualquiera que sea el adiestramiento recibido al respecto. Se establece que:

- Todo buque de transbordo rodado debe incorporar un sistema de megafonía que permita la plena comunicación desde el puente de mando hacia todos los pasajeros y tripulantes. Y además se debe establecer un idioma común para el trabajo de la tripulación.
- Todo buque de transbordo rodado debe conocer perfectamente el número identidad e información relevante sobre los pasajeros que transporta y tripulación.
- Todo buque de transbordo rodado debe incorporar una zona en la que sea relativamente fácil aterrizar un helicóptero para la evacuación del pasaje en caso de emergencia.



3. Análisis de la normativa actual

3.1. Normativa de la OMI a través del Código MSC

La más importante normativa sobre evacuación en buques de pasaje es **la circular 1033 del Código MSC** “Directrices provisionales para el análisis de la evacuación de los buques de pasaje nuevos y existentes”.

Las directrices provisionales que se describen en la circular ofrecen la posibilidad de utilizar dos métodos distintos:

- a) **Análisis simplificado de la evacuación.**
- b) **Análisis perfeccionado de la evacuación.**

Es de destacar que los tiempos de evacuación aceptables que figuran en las directrices se basan en un análisis de riesgo de incendios. Gran parte de los datos y parámetros que se usan en las directrices se basan en datos documentados, obtenidos a partir de la experiencia en construcción civil. Los datos y los resultados procedentes de la investigación y desarrollo de la normativa muestran la importancia de estos para la continua mejora las directrices provisionales. No obstante, es de esperar que la simulación y reproducción de estas hipótesis de referencia suponga una mejora en el proyecto de los buques, al identificar los medios de evacuación inadecuados, los puntos de congestión y también sirva para optimizar dichos medios, mejorando sustancialmente la seguridad.

Estas directrices provisionales tienen como objetivo exponer la metodología para realizar un análisis simplificado de la evacuación así como:

- Determinar y eliminar dentro de lo posible las congestiones que puedan producirse durante un proceso de abandono, por el movimiento normal de los pasajeros y la tripulación en las vías de evacuación, con la consideración añadida que algunos miembros de la tripulación tengan que desplazarse en sentido contrario al del pasaje por esas vías.
- Demostración de que dichos medios de evacuación son lo suficientemente flexibles para que en el supuesto que cierta vías de evacuación, puestos de reunión, puestos de embarque y embarcaciones de supervivencia no puedan ser utilizadas debido al siniestro o avería.



Se dan algunas definiciones como:

- *Carga de pasajeros*: son las personas que se tienen en cuenta en los cálculos relativos a los medios de evacuación.
- *Tiempo de toma de conciencia (A)*: tiempo que tardan los pasajeros en darse cuenta de la situación y reaccionar, desde que suena la señal de emergencia hasta que se empiezan a dirigir al punto de reunión.
- *Tiempo de desplazamiento (T)*: intervalo de tiempo empleado en desplazarse desde el punto de partida en el momento que se da la señal emergencia hasta los puestos de reunión y de allí a los puestos de embarque.
- *Tiempo de embarco (E) y tiempo de puesta a flote (L)*: la suma de los dos tiempos nos da el tiempo empleado para que abandonen el buque todas las personas que estén a bordo.

Para el análisis perfeccionado se incluyen otras definiciones adicionales:

- *Tiempos de respuesta*: es el tiempo total que se dedica a las actividades de movimiento antes de la evacuación desde que suena la alarma. Incluyendo la percepción de las consignas y la interpretación de las instrucciones, los tiempos de reacción de las personas y la realización de las demás actividades previas a la evacuación.
- *Tiempo de reunión de cada persona*: es la suma del tiempo de respuesta de cada persona y del tiempo de desplazamiento de cada persona común para ambos tipos de análisis.
- *Tiempo total de reunión (t_A)*: tiempo máximo de reunión de cada persona.

3.1.1. Método de evaluación para el análisis simplificado de la evacuación

Este método de cálculo del tiempo de evacuación es elemental, por ello se establecen una serie de supuestos comunes para la realización del análisis:

- a) Todos los pasajeros y tripulantes empiezan la evacuación al mismo tiempo y no se obstaculizarán unos a otros.
- b) Los pasajeros y tripulantes utilizarán la vía de evacuación principal, según se indica en la regla II-2/13 del Convenio SOLAS.



- c) La velocidad inicial de desplazamiento depende de la densidad de personas, y se supone que el flujo de personas sólo se produce en la dirección de la vía de evacuación y que no se adelantan unas a otras.
- d) Se supone que la carga de pasajeros y su distribución inicial son las que se indican en el capítulo 13 del Código SSCI.
- e) Se considera que todos los medios de evacuación están disponibles, a menos que se indique lo contrario.
- f) Las personas pueden desplazarse sin restricciones.
- g) El flujo en sentido contrario se tiene en cuenta con la aplicación del factor correspondiente.
- h) Se aplica un factor de seguridad que tiene en cuenta los efectos del movimiento del buque, la edad y discapacidades de los pasajeros, la flexibilidad de las disposiciones, la imposibilidad de usar pasillos, la visibilidad restringida debida al humo, etc.

Además se hacen unas hipótesis previas según el caso a estudiar, deberán ser un mínimo de 4 hipótesis:

- **Caso 1:** evacuación principal durante la noche. **Caso 2:** evacuación primaria durante el día.

- **Casos 3 y 4:** casos de evacuación secundarios. En estos casos sólo se volverá a investigar la zona vertical principal que necesite el mayor tiempo de desplazamiento. Se utilizan los mismos parámetros de población que en el caso 1, para el caso 3 y los parámetros del caso 2 para el caso 4. En ambos casos 3 y 4 se consideraran las alternativas siguientes:

· *Alternativa 1:* se considera que para el análisis sólo se dispone del 50% de la capacidad de las escaleras previamente utilizadas en la zona vertical principal identificada.

· *Alternativa 2:* el 50% de las personas en una de las zonas verticales principales vecinas a la zona vertical principal identificada está obligado a desplazarse hacia la zona y dirigirse, a través de la misma, al puesto de reunión.

Cálculo del tiempo de evacuación

Deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Se supondrá que el tiempo de toma de conciencia (A) es de 10 minutos durante la noche y de 5 minutos durante el día.
2. El método para calcular el tiempo de desplazamiento (T) figura en el apéndice 1.

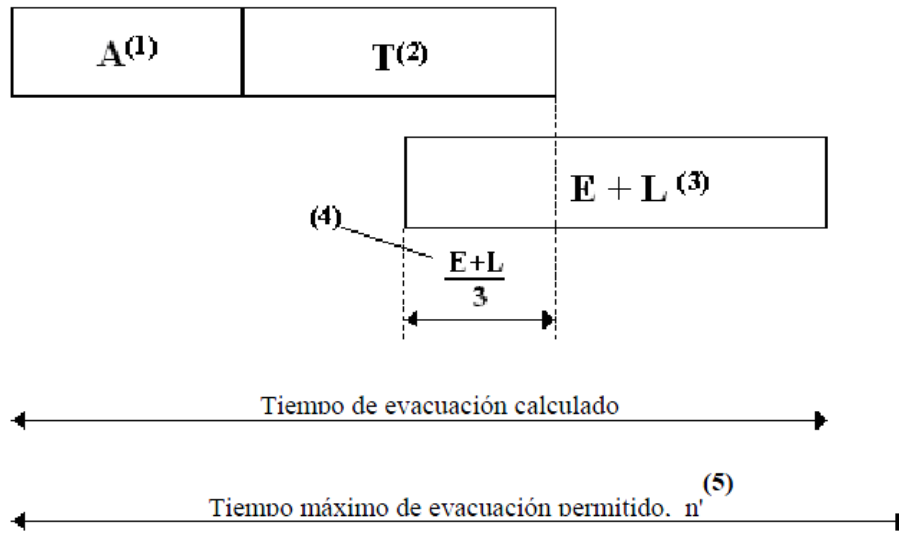


3. El tiempo del embarco (E) y el tiempo de puesta a flote (L) figura en el apéndice 1.

Deberán cumplirse las siguientes normas de eficacia, según se indica en la figura 1:

$$\text{Tiempo total de evacuación calculado: } A + T + 2/3 (E + L) \leq n \quad 1)$$

$$E + L \leq 30' \quad 2)$$



- 1) 10' en los casos 1 y 3, 5' en los casos 2 y 4
- 2) Calculado según el apéndice 1 de estas Directrices
- 3) Máximo 30' conforme a lo dispuesto en la regla III/21.1.4 del Convenio SOLAS
- 4) Tiempo de solape = $1/3 (E + L)$
- 5) Valores de n (minutos) según los que figuran en 3.5.2

· Figura 1.

Para la norma 1) el valor de $n = 60'$ para los buques de pasaje de transbordo rodado y para los buques de pasaje que no sean buques de pasaje de transbordo rodado, $n = 60'$, si el buque no tiene más de tres zonas verticales principales, y $n = 80'$ si el buque tiene más de tres zonas verticales principales.

$E + L$ se calculará separadamente a partir de:

1. Los resultados de pruebas a escala real en buques y sistemas de evacuación similares.
2. Los datos proporcionados por los fabricantes; sin embargo, en este caso, el método de cálculo debería documentarse, indicando entre otros datos el valor del factor de seguridad específico que se utilice.

En el supuesto caso que no se puedan utilizar ninguno de estos dos métodos, se supondrá que $E+L$ es igual a 30 minutos.

Los criterios para detectar una **congestión** son los siguientes:



- Si la densidad inicial es igual o superior a 3,5 personas/m².
- Si existen colas considerables, con acumulaciones de más de 1,5 personas/segundo entre la entrada y la salida a partir de un punto.

Las **medidas correctivas** se deberán aplicar:

- En buques nuevos si el tiempo total de evacuación calculado es superior al dictaminado por la fórmula 1) (60' para buques Ro-Pax y de solo Pasaje si no tiene más de tres zonas verticales principales, 80' para buques de solo Pasaje con más de tres zonas verticales principales), se deberán aplicar medidas correctivas en la fase de proyecto, modificando los medios que afectan al sistema de evacuación con el objetivo de lograr el tiempo total de evacuación prescrito.
- En buques ya existentes si también se supera el tiempo total de evacuación total mencionado anteriormente en la fórmula 1), se deberán revisar los procedimientos de evacuación a bordo con el objetivo de adoptar las medidas pertinentes que contribuyan a reducir la congestión que se pueda producir en los lugares señalados por el análisis.

La **documentación** que todo análisis debe contener es:

- Suposiciones básicas del análisis.
- Esquema de la disposición de las zonas sometidas a análisis.
- Distribución inicial de las personas respecto de cada hipótesis considerada.
- Método de análisis utilizado si es distinto al de las Directrices provisionales de esta circular.
- Detalles secundarios de los cálculos.
- El tiempo total de la evacuación.
- Determinación de los puntos de congestión.

Apéndice 1:

Método para calcular el tiempo de desplazamiento (T)

Hay una serie de parámetros que deben de tenerse en cuenta:

- *Anchura libre (W_c)*: esta se mide desde los pasamanos en pasillos y escaleras, y nos indica la anchura real de paso de una puerta completamente abierta.
- *Densidad inicial de personas (D)*: la densidad inicial en una vía de evacuación se obtiene dividiendo el número de personas (p) por el área disponible de la vía de



evacuación correspondiente al espacio donde se hallan inicialmente las personas, se expresa en (p/m^2).

- *Velocidad de las personas (S)*: es la velocidad en (m/s) de las personas a lo largo de la vía de evacuación, que depende del flujo específico y del tipo de medio de evacuación. Los valores correspondientes a la velocidad inicial de las personas se indican en los cuadros 1.1 (velocidad inicial) y 1.3 (velocidad después del punto de transición, como función de un flujo específico).

- *Flujo específico de personas (F_s)*: se expresa ($p/(ms)$) y es el número de personas evacuadas que pasa por un punto de la vía de evacuación, por unidad de tiempo y por unidad de anchura libre W_c de la vía correspondiente. En los cuadros 1.1 (F_s inicial como función de la densidad inicial) y 1.2 (valor máximo), se indican los valores de F_s .

Tipo de medio	Densidad inicial D (p/m^2)	Flujo específico inicial F_s ($p/(ms)$)	Velocidad inicial de las personas S (m/s)
Pasillos	0	0	1,2
	0,5	0,65	1,2
	1,9	1,3	0,67
	3,2	0,65	0,20
	$\geq 3,5$	0,32	0,10

· Cuadro 1.1 - Valores del flujo específico inicial y de la velocidad inicial, como funciones de la densidad.

Tipo de medio	Flujo específico máximo F_s ($p/(ms)$)
Escaleras (descenso)	1,1
Escaleras (ascenso)	0,88
Pasillo	1,3
Umbrales	1,3

· Cuadro 1.2 - Valor del flujo específico máximo.

Tipo de medio	Flujo específico F_s ($p/(ms)$)	Velocidad de las personas S (m/s)
Escaleras (descenso)	0	1,0
	0,54	1,0
	1,1	0,55
Escaleras (ascenso)	0	0,8
	0,43	0,8
	0,88	0,44
Pasillos	0	1,2
	0,65	1,2
	1,3	0,67

· Cuadro 1.3 - Valor del flujo específico y velocidad.



Flujo calculado de personas (F_c): se expresa en (p/s) es el número previsto de personas que pasan por un punto en particular de una vía de evacuación por unidad de tiempo y se obtiene:

$$F_c = F_s W_c \quad (1.5)$$

- Tiempo de flujo (t_f): en (s) el tiempo necesario para que número N de personas pasen por un punto del sistema de salida y se obtiene:

$$T_f = N/F_c \quad (1.6)$$

- *Transiciones:* son los puntos del sistema de salida en los que cambia el tipo (cambio por ejemplo de un pasillo a una escalera) o la dimensión de una vía, o cuando las distintas vías se unen o ramifican. En las transiciones la suma de todos los flujos de salida es igual a la suma de todos los flujos de entrada.

$$\sum F_c (in)_i = \sum F_c (out)_j \quad (1.7)$$

$F_c (ent)_i$ = flujo de llegada (i) al punto de transición, calculado para la vía

$F_c (out)_j$ = flujo de salida (j) del punto de transición, calculado para vía

- *Tiempo de desplazamiento T, factor de seguridad y factor de contraflujo:* el tiempo de desplazamiento se expresa en segundos y se obtiene de la siguiente manera:

$$T = (\gamma + \delta) t_i \quad (1.8)$$

Donde:

γ : es el factor de seguridad que equivale a 2 en los casos 1 y 2, y a 3 en los casos 3 y 4

δ : es el factor de contraflujo que equivale a 0,3

t_i : es el mayor tiempo de desplazamiento, expresado en segundos en condiciones ideales, descrito en el procedimiento de cálculo que figura a continuación.

Procedimiento de cálculo del tiempo de desplazamiento en condiciones óptimas

Para poder realizar este procedimiento es necesario definir los siguientes conceptos:

$t_{escalera}$ = tiempo de desplazamiento por la escalera de la vía de evacuación hasta el puesto de embarque.

$t_{cubierta}$ = tiempo de desplazamiento necesario para trasladarse desde el punto más lejano de la vía de evacuación de una cubierta hasta la escalera.



$t_{reunión}$ = tiempo de desplazamiento necesario para trasladarse desde el final de la escalera hasta la entrada al puesto de reunión.

Las etapas básicas del cálculo son las siguientes:

a) Representar esquemáticamente las vías de evacuación como una red hidráulica en la que de modo simplificado las tuberías serían los pasillos y las escaleras, las válvulas representarían las puertas y restricciones en general, los tanques serían los espacios públicos.

b) Calcular la densidad D en las vías de evacuación principales de cada cubierta. En el caso de que los camarotes den a un pasillo, se supone que las personas que se encuentran en los camarotes salen al pasillo al mismo tiempo, la densidad del pasillo por consiguiente equivale al número de ocupantes de los camarotes por unidad de área del pasillo calculada a partir de la anchura libre. Respecto a los espacios públicos, se supondrá que todas las personas inician la evacuación simultáneamente en las puertas de salida (el flujo específico que se utilizará será el flujo específico máximo relativo a la puerta), se supone que el número de evacuados que utiliza cada puerta es proporcional a la anchura libre de las puertas.

c) Cálculo de los flujos específicos iniciales F_S a partir de las densidades, mediante interpolación lineal basándose en el cuadro 1.1.

d) Cálculo del flujo F_C para los pasillos y puertas en la dirección de la correspondiente escalera de evacuación asignada.

e) Una vez alcanzado un punto de transición, se aplicará la fórmula (1.7) para determinar el/los flujo/s de salida calculado/s F_C . En los casos en que en el punto de transición se inician dos o más vías, se supondrá que el flujo F_C de cada vía es proporcional a su anchura libre. El /los flujo/s específico/s de salida F_S se obtiene/n dividiendo el/los flujo/s calculado/s de salida por la/s anchura/s libre/s, presentándose dos posibilidades:

1. F_S no es superior al valor máximo indicado en el cuadro 1.2, la velocidad de salida correspondiente (S) se deriva mediante interpolación lineal a partir del cuadro 1.3, como función del flujo específico.

2. F_S es superior al valor máximo indicado en el cuadro 1.2; en este caso, en el punto de transición se formará una cola; F_S corresponde al valor máximo del cuadro 1.2 y la velocidad de salida correspondiente (S) se obtiene del cuadro 1.3.

f) El procedimiento antes mencionado se repite para cada cubierta, lo cual da como resultado un conjunto de valores de los flujos calculados F_C y la velocidad S , a la entrada de cada escalera de evacuación designada.



g) Cálculo, a partir de N (número de personas que accede a un tramo de escalera o a un pasillo) y del F_C pertinente, del tiempo de flujo t_F para cada escalera o pasillo. El tiempo de flujo t_F de cada vía de evacuación es el mayor de los correspondientes a cada tramo de la vía de evacuación.

h) El cálculo del tiempo de desplazamiento $t_{cubierta}$ desde el punto más lejano de cada vía de evacuación hasta la escalera, se define como la relación longitud/velocidad. Con respecto a los distintos tramos de la vía de evacuación, se deberían sumar los tiempos de desplazamiento si se utilizan dichos tramos en serie; de lo contrario, se tomará el mayor de tales tiempos. Este cálculo debería realizarse para cada cubierta; dado que se presume que las personas se desplazan paralelamente en cada cubierta hasta la escalera asignada, se debería tomar como predominante el valor mayor de $t_{cubierta}$. No se calcula $t_{cubierta}$ para los espacios públicos.

i) Cálculo del tiempo de desplazamiento para cada tramo de escalera inclinada, como la relación entre la longitud del tramo y la velocidad. Para cada cubierta, el tiempo total de desplazamiento por la escalera, $t_{escalera}$, será la suma de los tiempos de desplazamiento correspondientes a todos los tramos de escalera que conectan la cubierta con el puesto de embarco.

j) Cálculo del tiempo de desplazamiento, $t_{reunión}$, desde el final de la escalera (en la cubierta del puesto de reunión) hasta la entrada al puesto de reunión.

k) El tiempo total de desplazamiento por una vía de evacuación hasta el puesto de reunión asignado se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$t_l = t_F + t_{cubierta} + t_{escalera} + t_{reunión} \quad (2.2.11)$$

l) Este procedimiento se repetirá en las hipótesis correspondientes a los casos de día y de noche. Ello dará como resultado dos valores (uno para cada caso) de t_l respecto de cada vía de evacuación principal conducente al puesto de reunión asignado.

m) Los puntos de congestión se identifican según se indica a continuación:

1. Espacios en los que la densidad inicial es igual, o superior, a 3,5 personas/m².
2. Lugares donde la diferencia entre los flujos calculados de entrada y de salida (F_C) es de más de 1,5 personas por segundo.

n) Una vez realizados los cálculos para todas las vías de evacuación, se tomará el valor superior de t_l para calcular el tiempo de desplazamiento T aplicando la fórmula (1.8).



3.1.2. Método de evaluación para el análisis perfeccionado de la evacuación

El análisis perfeccionado de evacuación es la simulación por ordenador de la interacción entre los ocupantes del buque y la disposición general del mismo, en la que cada ocupante a bordo está representada por una persona que tiene un conocimiento detallado de esa disposición.

Al igual que el método de evaluación para el análisis simplificado de la evacuación, en este método perfeccionado se hacen los siguientes supuestos:

a) El pasaje y tripulantes estarán representados como personas únicas, con aptitudes propias y tiempos de respuesta concretos.

b) Los pasajeros y tripulantes utilizarán la vía de evacuación principal, según se indica en la regla II-2/13 del Convenio SOLAS.

c) La carga de pasajeros y la distribución inicial corresponden a las indicadas en el capítulo 13 del Código SSCI.

d) A menos que se indique lo contrario, se considerará que todos los medios de evacuación están disponibles.

e) El margen de seguridad está incluido en el cálculo con el objetivo de tener en cuenta las omisiones del modelo, los supuestos y el número y naturaleza limitados de las hipótesis de referencia consideradas. Estas cuestiones incluyen:

1. Los tripulantes se presentarán inmediatamente en los lugares de evacuación asignados para ayudar a los pasajeros.

2. Los pasajeros siguen el sistema de señalización y las instrucciones de los tripulantes (por ejemplo, en el análisis no se prevé la selección de vías de evacuación).

3. Se considera que el humo, el calor y los productos tóxicos del incendio presentes en el flujo de combustión no repercuten en la actuación de los pasajeros o la tripulación.

4. En el análisis no se examina el comportamiento de grupos de familia.

5. No se considera el movimiento del buque, la escora ni el asiento.

Además se hacen unas hipótesis previas según el caso a estudiar, deberán ser un mínimo de 4 hipótesis:

- **Caso 1:** evacuación principal durante la noche.



Pasajeros en camarotes con todas las literas ocupadas, $2/3$ de los tripulantes en sus camarotes, del $1/3$ restante de los miembros de la tripulación:

- a) El 50% estará inicialmente en los espacios de servicio y se comportará como pasajeros con la velocidad de desplazamiento y el tiempo de reacción correspondiente.
- b) El 25% estará en sus puestos de emergencia, sin otra función explícita a efectos del modelo.
- c) El 25% estará inicialmente en los puestos de reunión y se dirigirá a los camarotes de los pasajeros en contraflujo respecto de los evacuados; una vez que llegue a los camarotes de los pasajeros volverá a los puestos de reunión.

-**Caso 2:** evacuación durante el día.

Los pasajeros en los espacios públicos ocupan $3/4$ de la capacidad máxima. En lo que se refiere a tripulación:

- a) El 25% de los tripulantes estará en sus puestos de emergencia, sin otra función explícita a efectos del modelo.
- b) El 25% estará inicialmente en los puestos de reunión y se dirigirá a los camarotes de los pasajeros en contraflujo respecto de los evacuados, una vez que llegue a los camarotes de los pasajeros volverá a los puestos de reunión.
- c) El 50% restante se comportará como pasajeros con la velocidad de desplazamiento y el tiempo de reacción correspondiente y se distribuirá inicialmente del siguiente modo: $1/3$ en espacios públicos, $1/3$ en espacios de servicio y $1/3$ en espacios de alojamiento.

- **Casos 3 y 4:** casos de evacuación secundarios. En estos casos sólo se volverá a investigar la zona vertical principal que necesite el mayor tiempo de desplazamiento. Se utilizan los mismos parámetros de población que en el caso 1, para el caso 3 y los parámetros del caso 2 para el caso 4. En ambos casos 3 y 4 se consideraran las alternativas siguientes:

· *Alternativa 1:* se considera que para el análisis sólo se dispone del 50% de la capacidad de las escaleras previamente utilizadas en la zona vertical principal identificada.

· *Alternativa 2:* el 50% de las personas en una de las zonas verticales principales vecinas a la zona vertical principal identificada está obligado a desplazarse hacia la zona y dirigirse, a través de la misma, al puesto de reunión.

Cálculo del tiempo de evacuación

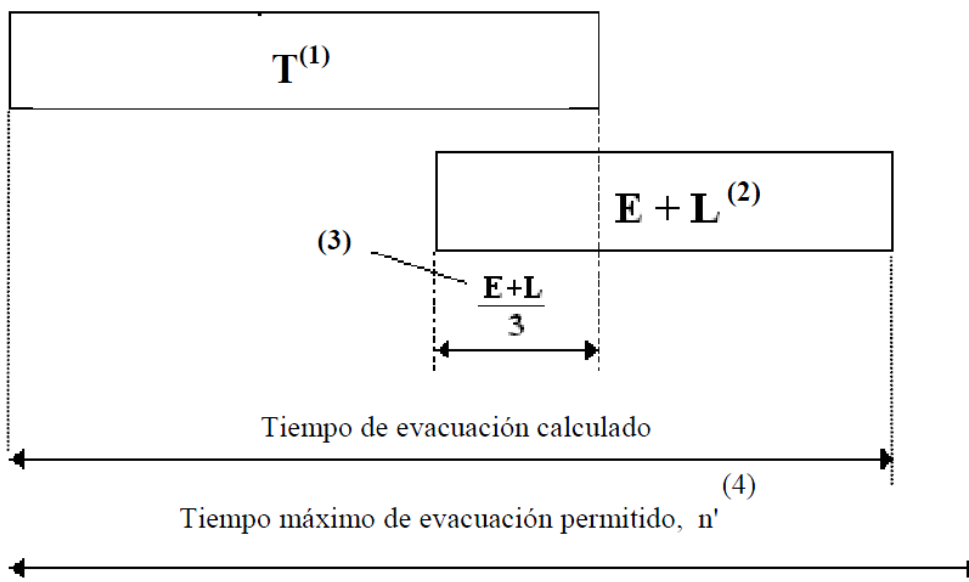
Deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. En el apéndice se especifica la distribución del tiempo de respuesta que se debe utilizar en los cálculos.
2. El método para calcular el tiempo de desplazamiento (T) figura en el apéndice 2.
3. El tiempo del embarco (E) y el tiempo de puesta a flote (L) figura en el apéndice 2.

Deberán cumplirse las siguientes normas de eficacia, según se indica en la figura 2:

$$\text{Tiempo total de evacuación calculado: } T + 2/3 (E + L) \leq n \quad 1)$$

$$E + L \leq 30' \quad 2)$$



Calculado según el apéndice de estas Directrices provisionales
 Máximo de 30' según lo dispuesto en la regla III/21.1.4 del Convenio SOLAS
 Tiempo de solape = $1/3 (E + L)$
 los valores de n (en minutos) se especifican en el párrafo 3.5.2

· Figura 2.

Para la norma 1) el valor de $n = 60'$ para los buques de pasaje de transbordo rodado y para los buques de pasaje que no sean buques de pasaje de transbordo rodado, $n = 60'$, si el buque no tiene más de tres zonas verticales principales, y $n = 80'$ si el buque tiene más de tres zonas verticales principales.

Al igual que con el método simplificado, $E + L$ se calculará separadamente a partir de:

1. Los resultados de pruebas a escala real en buques y sistemas de evacuación similares.



2. Los datos proporcionados por los fabricantes; sin embargo, en este caso, el método de cálculo debería documentarse, indicando entre otros datos el valor del factor de seguridad específico que se utilice.

En el supuesto caso que no se puedan utilizar ninguno de estos dos métodos, se supondrá que $E+L$ es igual a 30 minutos.

Los criterios para detectar una **congestión** son los siguientes:

- Si la densidad en las zonas excede de 4 personas/m² durante un tiempo considerable.
- Si se determina que en una región la congestión persiste durante más de 10% del tiempo total de reunión calculado (t_a), se considerará que es importante.

Las **medidas correctivas** se deberán aplicar:

- En buques nuevos si el tiempo total de evacuación calculado es superior al dictaminado por la fórmula 1) (60' para buques Ro-Pax y de solo Pasaje si no tiene más de tres zonas verticales principales, 80' para buques de solo Pasaje con más de tres zonas verticales principales), se deberán aplicar medidas correctivas en la fase de proyecto, modificando los medios que afectan al sistema de evacuación con el objetivo de lograr el tiempo total de evacuación prescrito.
- En buques ya existentes si también se supera el tiempo total de evacuación total mencionado anteriormente en la fórmula 1), se deberán revisar los procedimientos de evacuación a bordo con el objetivo de adoptar las medidas pertinentes que contribuyan a reducir la congestión que se pueda producir en los lugares señalados por el análisis.

La **documentación** que todo análisis debe contener se indica en el apéndice 2 que viene a continuación.

Apéndice 2:

Método para calcular el tiempo de desplazamiento (T)

Para el calcular el tiempo de desplazamiento, tanto en el caso del modelo como en la realidad, se tratará de una variable aleatoria, debido a que el procedimiento de evacuación es de carácter probabilista. Por ello se deben efectuar un mínimo de 50 simulaciones distintas para cada uno para cada uno de los casos de referencia, cada caso nos dará un total de al menos 50 valores de t_A .

Las simulaciones estarán compuestas por al menos 10 poblaciones distintas generadas de manera aleatoria. Las simulaciones basadas en cada una de tales poblaciones se repetirán al menos cinco veces. Si los resultados obtenidos de estas cinco repeticiones



presentan variaciones insignificantes, el número total de poblaciones analizadas deberá de ser de 50 en vez de 10, con una única simulación destinada a cada población.

El tiempo de desplazamiento T que cumple con las normas de eficacia se obtiene de la siguiente forma:

1. En cada uno de los cuatro casos de estudio, el valor t_i es superior en más de 95 % a todos los valores calculados (es decir, en cada uno de los cuatro casos, los tiempos t_A se clasifican del menor al mayor y se selecciona el t_R para el cual el 95% de los valores clasificados son inferiores).
2. Se establece un margen de seguridad Δ que se añade a t_i para tener en cuenta los supuestos que se formulan en estas directrices, siendo para los casos 1 y 2 $\Delta = 600s$ y para los casos 3 y 4 $\Delta = 200s$.
3. El tiempo de desplazamiento para cada caso se obtiene: $T_C = t_i + \Delta$

El tiempo de desplazamiento T será el mayor de los cuatro tiempos de desplazamiento calculados, uno para cada uno de los cuatro casos calculados.

Documentación para el modelo de simulación

En primer lugar se deberán indicar los supuestos que se han utilizado para tal simulación. No se podrán formular supuestos que contengan simplificaciones. La documentación de los algoritmos contendrá:

- a) Las variables utilizadas en el modelo para describir la dinámica.
- b) La relación funcional entre los parámetros y las variables.
- c) El tipo de actualización como puede ser el orden en que las personas se desplazan durante la simulación (en paralelo, aleatorio secuencial, etc.)
- d) La proyección de las escaleras, puertas, puestos de reunión, puestos de embarque y otros elementos geométricos especiales y su influencia en las variables durante la simulación así como los parámetros que cuantifiquen dicha influencia.
- e) Deberá incorporar un manual o guía de usuario que informe de la naturaleza del modelo sus suposiciones y directrices para la correcta utilización del modelo así como la posterior interpretación del modelo.

Los resultados de los análisis deberán contener los pormenores de los cálculos, el tiempo total de evacuación y los puntos de congestión claramente identificados.



Para determinar la máxima capacidad de un espacio público debe tomarse uno de los siguientes valores:

- Número de asientos o similares.
- Dividir la superficie del espacio en secciones de 2m^2 , parcela calculada para cada persona.

En los planes de evacuación se deben indicar siempre los siguientes ítems:

- Número de pasajeros y tripulantes en una ocupación completa.
- Número esperable de personas que escapen por pasillos, escaleras, portones, etc.
- Posición de los puntos de reunión y puntos de embarque.
- Vías de evacuación principales y secundarias.
- Anchura de pasillos, escaleras, puertas y rellanos.

3.1.3. Actualización de los métodos de evaluación a través de la Circular 1238

En esta nueva circular se hacen algunas rectificaciones respecto a los métodos de evaluación para el análisis de la evacuación, los más importantes y destacables los que se describen a continuación.

Método de evaluación para el análisis simplificado de la evacuación

Se modifica una de las suposiciones de la serie de supuestos comunes para la realización del análisis:

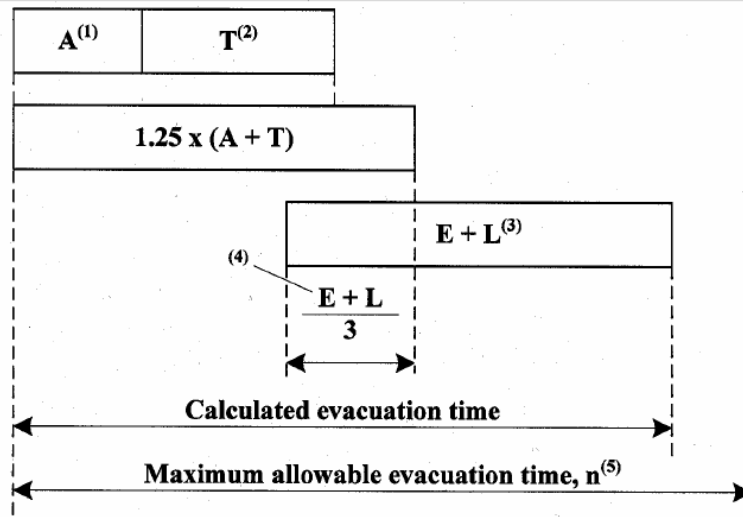
h) El factor de seguridad que tiene en cuenta los efectos del movimiento del buque, la edad y discapacidades de los pasajeros, la flexibilidad de las disposiciones, la imposibilidad de usar pasillos, la visibilidad restringida debida al humo, etc. Tendrá un valor de 1,25.

Respecto al **cálculo del tiempo de evacuación** se modifica, debido al cambio de la última suposición, de la siguiente manera:

Deberán cumplirse las siguientes normas de eficacia, según se indica en la figura 3:

$$\text{Tiempo total de evacuación calculado: } 1.25 (A + T) + 2/3 (E + L) \leq n \quad 1)$$

$$E + L \leq 30' \quad 2)$$



- (1) 10 min in case 1 and case 3, 5 min in case 2 and case 4
- (2) calculated as in appendix 1 to these Guidelines
- (3) maximum 30 min in compliance with SOLAS regulation III/21.1.4
- (4) overlap time = $1/3 (E+L)$
- (5) values of n (min) provided in 3.5.2

· Figura 3.

Se mantienen iguales los valores de n , siendo para la norma 1) el valor de $n = 60'$ para los buques de pasaje de transbordo rodado y para los buques de pasaje que no sean buques de pasaje de transbordo rodado, $n = 60'$, si el buque no tiene más de tres zonas verticales principales, y $n = 80'$ si el buque tiene más de tres zonas verticales principales.

$E + L$ se calculará separadamente a partir de:

1. Los resultados de pruebas a escala real en buques y sistemas de evacuación similares.
2. Los datos proporcionados por los fabricantes; sin embargo, en este caso, el método de cálculo debería documentarse, indicando entre otros datos el valor del factor de seguridad específico que se utilice.

En el supuesto caso que no se puedan utilizar ninguno de estos dos métodos, se supondrá que $E+L$ es igual a 30 minutos.

Método de evaluación para el análisis perfeccionado de la evacuación

Al igual que en el método de evaluación para el análisis simplificado de la evacuación se modifica una de las suposiciones:



e) El factor de seguridad tiene un valor de 1,25 está incluido en el con el objetivo de tener en cuenta las omisiones del modelo, los supuestos y el número y naturaleza limitados de las hipótesis de referencia consideradas. Estas hipótesis incluyen:

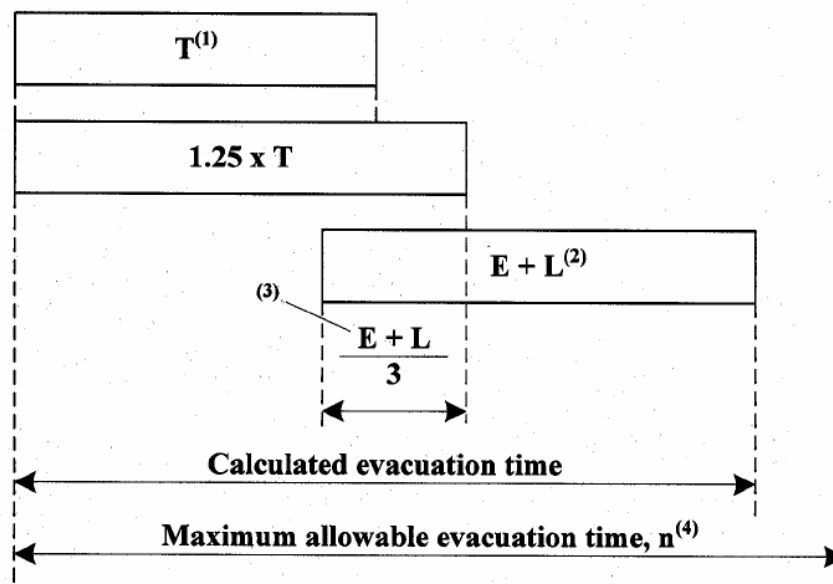
1. Los tripulantes se presentarán inmediatamente en los lugares de evacuación asignados para ayudar a los pasajeros.
2. Los pasajeros siguen el sistema de señalización y las instrucciones de los tripulantes (por ejemplo, en el análisis no se prevé la selección de vías de evacuación).
3. Se considera que el humo, el calor y los productos tóxicos del incendio presentes en el flujo de combustión no repercuten en la actuación de los pasajeros o la tripulación.
4. En el análisis no se examina el comportamiento de grupos de familia.
5. No se considera el movimiento del buque, la escora ni el asiento.

Respecto al **cálculo del tiempo de evacuación** se modifica, debido al cambio de la última suposición, de la siguiente manera:

Deberán cumplirse las siguientes normas de eficacia, según se indica en la figura 4:

$$\text{Tiempo total de evacuación calculado: } 1.25 T + 2/3 (E + L) \leq n \quad 1)$$

$$E + L \leq 30' \quad 2)$$



(1) calculated as in the appendix to the Interim Guidelines

(2) maximum 30 min in compliance with SOLAS regulation III/21.1.4

(3) overlap time = $1/3 (E+L)$

(4) values of n (min) provided in paragraph 3.5.2

· *Figura 4.*



También se mantienen iguales los valores de n , siendo para la norma 1) el valor de $n = 60'$ para los buques de pasaje de transbordo rodado y para los buques de pasaje que no sean buques de pasaje de transbordo rodado, $n = 60'$, si el buque no tiene más de tres zonas verticales principales, y $n = 80'$ si el buque tiene más de tres zonas verticales principales.

$E + L$ se calculará separadamente a partir de:

1. Los resultados de pruebas a escala real en buques y sistemas de evacuación similares.
2. Los datos proporcionados por los fabricantes; sin embargo, en este caso, el método de cálculo debería documentarse, indicando entre otros datos el valor del factor de seguridad específico que se utilice.

En el supuesto caso que no se puedan utilizar ninguno de estos dos métodos, se supondrá que $E+L$ es igual a 30 minutos.

3.1.4. Circular 1136 sobre la seguridad durante el abandono del buque por medio de botes salvavidas

El Código MSC también hace especial hincapié en lo que respecta a la seguridad durante los ejercicios de abandono del buque por medio de botes salvavidas a través de la Circular 1136.

Debido a los accidentes ocurridos en años recientes en los que la tripulación había sufrido lesiones, a veces mortales mientras participaba en ejercicios y/o inspecciones de botes salvavidas, hizo necesario la aparición de estas orientaciones sobre la seguridad durante ejercicios de abandono por medio de botes salvavidas.

Determinando la necesidad que la gente de mar se familiarice con los dispositivos de salvamento a bordo de sus buques y que tenga confianza en que los sistemas que se proporcionan para su seguridad funcionarán con eficacia en una situación de emergencia. Para lograrlo, será indispensable realizar ejercicios a bordo de los buques periódicamente. La formación de la tripulación constituye un importante componente de dichos ejercicios.

La frecuencia de los ejercicios marcará la mayor o menor familiarización de la tripulación con los dispositivos de salvamento a bordo y el aumento de la confianza en que los sistemas funcionarán con eficacia en caso de emergencia. Es necesario practicar muchas veces para adquirir la capacidad de enfrentarse a una situación de emergencia en la que deba abandonarse el buque.



Antes de llevar a cabo los ejercicios, deberá comprobarse que el bote salvavidas y su equipo de seguridad han recibido el mantenimiento especificado en las instrucciones del fabricante y que se han seguido todas las medidas de precaución necesarias. Deberá notificarse inmediatamente al oficial a cargo toda señal de desgaste o corrosión que se detecte en los dispositivos de salvamento.

Sobre el los botes salvavidas arriados mediante tiras hace mención a los accidentes causados por estos identificando las causas a las que se debería prestar especial atención:

1. Fallo del mecanismo de suelta con carga.
2. Accionamiento involuntario del mecanismo de suelta con carga.
3. Mantenimiento deficiente de botes salvavidas, pescantes y equipo de puesta a flote.
4. Fallos de comunicación.
5. Escasa familiaridad con los botes salvavidas, pescantes, equipo y mandos conexos.
6. Prácticas poco seguras durante los ejercicios e inspecciones de los botes salvavidas.
7. Fallos de proyecto distintos de los mecanismos de suelta con carga.

Durante los ejercicios, los responsables deberán estar atentos a las situaciones que se produzcan por las causas anteriormente mencionadas y deberán ponerlas en conocimiento de la persona responsable de tomar las medidas pertinentes.

Antes de embarcar a las personas en el bote salvavidas, se recomienda arriar e izar el bote sin personas a bordo para asegurarse de que los dispositivos funcionan correctamente. Posteriormente el bote se podrá arriar al agua con el número de personas a bordo estrictamente necesario para hacerlo funcionar. Para evitar que las trincas o trapas se enreden, deberá verificarse el funcionamiento correcto de la suelta antes de sacar el pescante.



3.2. Normativa de la Unión Europea

La Unión Europea, para asegurar el correcto cumplimiento en los Estados miembros de las regulaciones establecidas por la OMI, pertenecientes a distintos códigos y convenios como: SOLAS, MARPOL, MSC, ISM y STCW entre otros, e incluso desarrollar algunas normativas para adecuarlas al marco Europeo, ha redactado, a lo largo de los últimos años, una serie de directivas, resoluciones y reglamentos que deberán ser aplicados a todas las administraciones marítimas y a aquellos buques de bandera de países miembros así como todos aquellos de otros pabellones de abanderamiento que operen entre puertos Europeos.

Directiva 93/75/CEE sobre acceso a las cubiertas de carga rodada

El objetivo es imponer estándares de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas.

Se regula:

- Información que deben contener las fichas de control de los buques.
- Documentación requerida para el transporte de mercancías.
- La información que deberá dar el capitán a las autoridades portuarias en cualquier tipo de incidente relacionado con mercancías peligrosas o contaminantes.
- Medidas a adoptar por los Estados miembros tras un accidente.

Resolución del Consejo de 22 de diciembre de 1994 sobre seguridad de los buques de trasbordo rodado de pasajeros

El objetivo es aumentar la seguridad de los pasajeros de los buques de trasbordo rodado, se exige la mejora de la concepción y los equipos del buque, del nivel de competencia y adiestramiento de la tripulación y se estipula y aborda las responsabilidades de los armadores, los propietarios y de los exportadores pasajeros.

Se regula:

- condiciones de estabilidad para los buques de trasbordo rodado de pasajeros en estado intacto y, en caso de avería.
- Procedimientos de evacuación.
- Presencia de personal médico cualificado a bordo.
- Sistemas registradores de a bordo, para determinar las causas de los accidentes marítimos.



- Procedimiento de investigación en caso de accidente marítimo y la cooperación de los Estados.
- Estabilidad de los buques de trasbordo rodado de pasajeros que operen en los puertos de la zona marítima del noroeste de Europa.

Reglamento CE Nº 3051/95 sobre la seguridad de transbordadores de pasajeros y de carga rodada

El objetivo es mejorar la gestión de la seguridad, la explotación de los buques y la prevención de la contaminación.

Reglamento CE Nº 179/98 de la Comisión de 23 de enero de 1998

Se modifica el reglamento CE Nº 179/98 con objeto de regular la expedición de documentos y certificados provisionales y la modelación de los certificados y documentos ISM de la OMI.

Directiva 98/41/CE sobre el registro de los pasajeros y tripulación

El objetivo es aumentar las posibilidades de salvamento y seguridad de los pasajeros y las tripulaciones de los buques de pasaje de trasbordo rodado con un plan de mejora de los procedimientos de evacuación. Esta directiva fue modificada posteriormente por la directiva 2002/84/CE de 29 de noviembre de 2002.

Directiva 2003/25/CE estabilidad de los buques de pasaje de trasbordo rodado

El objetivo es evitar los accidentes de navegación en buques de pasaje de trasbordo rodado que causen pérdidas humanas.

Se regula:

- La flotabilidad de los buques de pasaje de trasbordo rodado tras una avería de colisión.

Reglamento CE nº 336/2006 sobre la aplicación del Código internacional de gestión de la seguridad (ISM)

El objetivo es aplicar el código ISM de forma correcta, estricta y armonizada en todos los Estados miembros.

El Reglamento se aplica a:

- Buques de carga abanderados en un Estado miembro



- Buques de pasaje abanderados en un Estado miembro realizando viajes nacionales o internacionales.
- Buques de carga que realicen viajes interiores, con independencia de su pabellón.
- Las unidades móviles de perforación que ejerzan su actividad bajo la autoridad de un Estado miembro.



3.3. Normativa en el Estado Español

· Real Decreto 457/2011 sobre reglas y normas de seguridad aplicables a los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles

La administración Española ha adaptado las regulaciones emitidas desde la OMI, el comité de seguridad marítima MSC y varias directiva Europeas, a través de regulaciones publicadas en el BOE (Boletín Oficial del Estado), los cuales ha ido actualizando a medida que se aprobaban nuevas y más completas enmiendas y regulaciones por la OMI y la comunidad Europea. Todo lo publicado en el BOE afecta a todos los buques de bandera española y a aquellos que realicen travesías entre puertos españoles. El último BOE que procura sobre seguridad en buques de pasaje y buques de pasaje de transbordo rodado fue publicado en 2011, a continuación se detallan aquellos aspectos que afectan al proceso de evacuación del buque.

3.3.1. Definiciones

Para la normativa de la administración española respecto el proceso de evacuación del buque de pasaje se distinguen las siguientes clases de buque de pasaje, según la zona marítima en la que operen estos se clasifican en las categorías siguientes:

- Clase A: buques de pasaje que no formen parte de las categorías B, C o D.
- Clase B: buques de pasaje que realizan travesías que no se alejan más de 20 millas de la línea de la costa.
- Clase C: buques de pasaje que realizan travesías por zonas marítimas donde la probabilidad de que se supere una altura de las olas de 2,5 metros es inferior al 10 % durante la travesía del mismo, y no a más de 15 millas de un lugar de abrigo, ni más de 5 millas de la línea de la costa.
- Clase D: buques de pasaje que realizan travesías por zonas marítimas donde la probabilidad de que se supere una altura de las olas de 1,5 metros es inferior al 10 % durante la travesía del mismo y no a más de 6 millas de un lugar de abrigo, ni más de 3 millas de la línea de la costa.

3.3.2. Disposiciones para buques de pasaje

A continuación se detalla las prescripciones a seguir para todos los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles sobre el proceso de evacuación en



términos de escaleras y vías de evacuación, espacios de categoría especial y de máquinas, puertas y cerramientos, alumbrado de emergencia y equipos de seguridad.

Escaleras y vías de evacuación:

Para cualquier buque de nueva construcción así como los buques ya existentes de la clase B, se establece que:

- Se dispondrán escaleras y escalas que proporcionen medios rápidos de evacuación hacia la cubierta de embarco en los botes y balsas salvavidas desde todos los espacios destinados a pasajeros y a la tripulación y desde los espacios que no sean espacios de máquinas, en que normalmente trabaje la tripulación.
- Debajo de la cubierta de cierre, cada compartimento estanco o cada espacio o grupo de espacios sometidos a parecidas restricciones tendrá dos medios de evacuación, uno de los cuales, por lo menos, estará independizado de puertas estancas. En caso contrario el único medio de evacuación habrá de ofrecer la debida seguridad.
- Encima de la cubierta de cierre habrá por lo menos dos medios de evacuación desde cada zona vertical principal o espacio o grupo de espacios sometidos a parecidas restricciones. Por lo menos uno de los cuales dará acceso a una escalera que constituya una salida vertical.
- Si la estación radiotelegráfica no tiene salida directa a la cubierta expuesta, se proveerán dos medios de evacuación que permitan salir o entrar en ella, uno de los cuales podrá ser un portillo o una ventana de amplitud suficiente.

Para los buques ya existentes de clase B se prohíben los pasillos o partes de pasillos con solo una vía de evacuación y que excedan de:

- 5 metros de longitud en los buques construidos a partir del octubre de 1994.
- 13 metros de longitud en los buques construidos antes del octubre de 1994 que transporten más de 36 pasajeros y 7 metros si no transportan más de 36 pasajeros.

Para todos los buques de nueva construcción de eslora igual o superior a 24 metros no se permitirá que en un pasillo, recepción o parte de un pasillo solo haya una vía de evacuación. Solo se permitirán los pasillos sin salida a una vía de evacuación en las áreas de servicio que necesarias para el funcionamiento del buque, como los puestos de aprovisionamiento de combustible y los pasillos transversales para suministros. Estos espacios deben estar separados de las zonas de alojamiento de la tripulación y ser inaccesibles desde las zonas de alojamiento del pasaje.

Para todos los buques de las clases B, C y D de eslora igual o superior a 24 metros construidos antes del enero de 2003 se establece que:



- Al menos uno de los dos medios de evacuación que se deben de disponer será una escalera de fácil acceso, encerrada en un tronco, que proteja de modo continuo contra el fuego en todo su recorrido y que permita llegar a la cubierta de los botes y balsas salvavidas, o a la cubierta más alta si la cubierta de embarco no se extiende hasta la zona en que se encuentra la escalera. En este caso, en la cubierta más alta se dispondrá de acceso directo a la cubierta de embarco mediante escaleras y pasillos exteriores abiertos, así como de alumbrado de emergencia, además de superficies de piso antideslizantes. Los contornos que den a escaleras y pasillos exteriores abiertos que formen parte de una vía de evacuación deberán estar protegidos del fuego que pueda afectar a los espacios cerrados del buque.

La anchura, el número y la continuidad de las vías de evacuación serán las siguientes:

- Las escaleras tendrán una anchura libre mínima de 900 mm. En casos excepcionales y siempre bajo supeditación de la administración la anchura libre mínima nunca será inferior a 600 mm.
- Las escaleras estarán provistas de pasamanos a ambos lados.
- La anchura de las escaleras se ajustará al menos a la norma de la Resolución A.757 (18) de la OMI.
- La anchura libre mínima de las escaleras se aumentará en 10 mm por cada persona prevista por encima de 90 personas. Se supondrá que el número total de personas que vayan a ser evacuadas por tales escaleras será igual a dos tercios de la tripulación y del número total de pasajeros que haya en las zonas a las que den servicio las escaleras.
- La anchura de las escaleras se ajustará al menos a la norma de la Resolución A.757 (18) de la OMI.
- La anchura libre máxima entre los pasamanos de las escaleras de una anchura superior a 900 mm será de 1.800 mm.
- Todas las escaleras previstas para más de 90 personas irán alineadas en sentido longitudinal.
- Las puertas, los pasillos y los rellanos intermedios incluidos en las vías de evacuación tendrán unas dimensiones análogas a las de las escaleras.
- Las escaleras no tendrán una elevación vertical superior a 3,5 metros sin disponer de un rellano, y su ángulo de inclinación nunca será superior a 45°.
- Los rellanos a nivel de cada cubierta tendrán una superficie no inferior a 2 m², la cual se aumentará en 1 m² por cada 10 personas previstas por encima de 20. No es



necesario que excedan de 16 m² salvo cuando se trate de rellanos utilizados en los espacios públicos con acceso directo al tronco de escalera.

Para los buques de las clases B, C y D de eslora igual o superior a 24 metros construidos después del enero de 2003 se establece que:

- Al menos uno de los dos medios de evacuación que se deben de disponer consistirá en una escalera de fácil acceso, encerrada en un tronco, que proteja de modo continuo contra el fuego en todo su recorrido y que permita llegar a la cubierta de los botes y balsas salvavidas o hasta la cubierta más alta si la cubierta de embarco no se extiende hasta la zona en que se encuentra la escalera. En este caso, en la cubierta más alta se dispondrá de acceso directo a la cubierta de embarco mediante escaleras y pasillos exteriores abiertos, así como de alumbrado de emergencia, además de superficies de piso antideslizantes. Los contornos que den a escaleras y pasillos exteriores abiertos que formen parte de una vía de evacuación y los contornos que estén en puntos en los que su fallo durante un incendio impediría la salida hasta la cubierta de embarco, deberán estar protegidos del fuego que pueda afectar a los espacios cerrados del buque.

- La anchura, el número y la continuidad de las vías de evacuación será conformes a las prescripciones del Código de sistemas de seguridad contra incendios.

Para los buques de las clases B, C y D construidos antes del enero del 2003 y buques ya existentes de la clase B se establece que:

- Se proveerá una protección satisfactoria de los accesos que haya para las zonas de embarco en botes y balsas salvavidas desde los troncos de escalera.

Para los buques de las clases B, C y D construidos después del enero del 2003 se establece que:

- Se proveerá una protección satisfactoria de los accesos que haya para las zonas de embarco en botes y balsas salvavidas desde los troncos de escalera o bien, directamente, o a través de vías internas protegidas.

Espacios de categoría especial y de máquinas

Para buques de nueva construcción de las clases B, C y D y buques ya existentes de la clase B se establece que:

- En los espacios de categoría especial, el número y la disposición de los medios de evacuación, tanto por debajo como por encima de la cubierta de cierre, deberán ser satisfactorios para la Administración de Estado de abanderamiento.



Para buques de las clases B, C y D construidos después del enero de 2003 se establece que:

- Los espacios de categoría especial irán provistos de vías de acceso hacia los medios de evacuación con una anchura mínima de 600 mm que, cuando sea posible y razonable, estarán elevadas sobre la cubierta, al menos 150 mm.
- La disposición de los aparcamientos de vehículos será tal que las vías de acceso queden libres en todo momento.
- Una de las vías de evacuación que arranque de los espacios de máquinas en los que trabaja la tripulación no tendrá acceso directo a ninguno de los espacios de categoría especial.
- Las rampas elevables para carga y descarga de las cubiertas de carga rodada no deberán bloquear las vías de evacuación cuando estas se encuentren en su posición inferior.
- Habrá dos medios de evacuación de cada espacio de máquinas que deberán cumplir las siguientes consideraciones según si el espacio de máquinas está situado por debajo o por encima de la cubierta de cierre:
 - a) Por debajo de la cubierta de cierre las dos vías de evacuación consistirán en:
 - Dos juegos de escalas de acero, tan separadas entre sí como sea posible, que conduzcan a puertas situadas en la parte superior de dicho espacio e igualmente separadas entre sí, y desde las que haya acceso a las correspondientes cubiertas de embarco en los botes y balsas salvavidas. **En los buques de nueva construcción**, una de estas escalas dará protección continua contra el fuego en todo su recorrido. **En los buques de las clases B, C y D construidos después del enero de 2003** esa escala estará situada dentro de un tronco protegiendo todo su recorrido, en el tronco se instalarán puertas contra incendios de cierre automático. El tronco protegido tendrá unas dimensiones internas mínimas de al menos 800 mm × 800 mm y tendrá dispositivos de alumbrado de emergencia.
 - Una escala de acero que conduzca a una puerta, situada en la parte superior del espacio, desde la que haya acceso a la cubierta de embarco. Además, en la parte inferior del espacio de máquinas y en un lugar bien apartado de la mencionada escala, deberá instalarse una puerta de acero, maniobrable desde ambos lados y que ofrezca una vía segura de evacuación desde la parte inferior del espacio hacia la cubierta de embarco.



- b) Por encima de la cubierta de cierre las dos vías de evacuación:
- Estarán tan separados entre sí como sea posible, y sus respectivas puertas de salida ocuparán posiciones desde las que haya acceso a las correspondientes cubiertas de embarco en los botes y balsas salvavidas. Cuando dichos medios de evacuación obliguen a utilizar escalas, estas serán de acero.

Para todos los buques se establece que:

- En los espacios para supervisar el funcionamiento de las máquinas y desde los espacios de trabajo habrá al menos dos medios de evacuación, de los cuales uno será independiente del espacio de máquinas y dará acceso a la cubierta de embarco.
- Se resguardará la parte inferior de las escaleras en los espacios de máquinas.

Para buques de nueva construcción de las clases B, C y D y buques ya existentes de la clase B se establece que:

- **En los buques de menos de 24 metros de eslora**, la Administración del Estado de abanderamiento podrá aceptar que en los espacios de máquinas haya solo un medio de evacuación, prestando la debida atención a la anchura y a la disposición de la parte superior del espacio.
- **En los buques de eslora igual o superior a 24 metros**, la Administración del Estado de abanderamiento podrá aceptar que solo haya un medio de evacuación desde cualquiera de los espacios de máquinas y espacios especiales, a condición de que exista una puerta o una escala de acero que ofrezca una vía de evacuación segura hacia la cubierta de embarco, considerando si normalmente habrá o no personas de servicio en él. **En los buques nuevos de clases B, C y D construidos después del enero de 2003**, se proveerá una segunda vía de evacuación en el espacio de los aparatos de gobierno cuando la posición de gobierno de emergencia este ubicada en ese espacio, salvo si hay un acceso directo a la cubierta expuesta.
- Se proveerán dos vías de evacuación desde la sala de control de máquinas situada en los espacios de máquinas, una de las cuales por lo menos proporcionará una protección continua contra el fuego hasta una posición segura fuera del espacio de máquinas.
- Los ascensores no se considerarán en ningún caso como constitutivos de uno de los medios de evacuación prescritos.

Puertas y cerramientos:

Para todos los buques de las clases B, C y D construidos después del enero de 2003 se establece que:



- No se necesitará llave para abrir las puertas de las cabinas y camarotes desde el interior.
- No habrá nunca ninguna puerta a lo largo de la vía de evacuación en la que sea necesario abrir con llave cuando se transite en la dirección del sentido de evacuación.
- Las puertas de salida de emergencia de los espacios públicos que estén normalmente cerradas estarán provistas de un medio de desbloqueo rápido. Este medio consistirá en un mecanismo de cierre que incorpore un dispositivo que suelte el pestillo al aplicar una fuerza en la dirección de evacuación.
- Los mecanismos de apertura rápida de las puertas de emergencia de los espacios públicos se basará en un mecanismo de barrotes o paneles y deberán seguir las siguientes consideraciones:
 - a) Estarán proyectados e instalados a satisfacción de la Administración del Estado de abanderamiento.
 - b) La parte accionadora del mecanismo deberá cubrir un mínimo de la mitad de la anchura de la puerta de emergencia y estar a una altura mínima de 760 mm y máxima de 1.120 mm respecto al suelo.
 - c) El pestillo de cerramiento se deberá soltar cuando se aplique sobre el mecanismo de desbloqueo una fuerza que no exceda de 67 N.
 - d) Nunca irán equipados con ningún dispositivo de bloqueo, perno de cierre u otro medio que impida que se suelte el pestillo cuando se aplique presión al dispositivo de apertura.

Alumbrado de emergencia:

Para buques de nueva construcción de las clases B, C y D se establece que:

- Además del alumbrado de emergencia prescrito en el SOLAS, en todo buque con espacios para carga rodada o con espacios de categoría especial, todos los espacios y pasillos públicos para pasajeros estarán provistos de un alumbrado eléctrico suplementario capaz de funcionar durante tres horas como mínimo cuando hayan fallado las demás fuentes de energía eléctrica, cualquiera que sea la escora del buque. La iluminación proporcionada será tal que permita ver los accesos a los medios de evacuación. El suministro de energía del alumbrado suplementario consistirá en baterías de acumuladores situadas en el interior de las unidades de alumbrado, que se cargarán continuamente, siempre que sea factible, desde el cuadro de distribución de emergencia. El alumbrado suplementario será tal que se perciba inmediatamente cualquier fallo de la lámpara. Todos los acumuladores de baterías en uso serán reemplazados a determinados intervalos, teniendo en cuenta la vida de servicio especificada y las condiciones ambientales a que se hallen sometidos estando de servicio.



- En Defecto del alumbrado eléctrico suplementario, la Administración del Estado de abanderamiento podrá aceptar otros medios de alumbrado solo cuando sean tan efectivos como los descritos.
- En defecto de cualquier alumbrado suplementario en todo pasillo, espacio de recreo y espacio de trabajo para la tripulación que esté normalmente ocupado, se proveerá una lámpara portátil que funcione con batería recargable.
- Además del alumbrado de emergencia los medios de evacuación, incluidas las escaleras y salidas, estarán indicados mediante alumbrado o franjas fotoluminescentes que no se encuentren a más de 0,3 metros por encima de la cubierta en todos los puntos de las vías de evacuación, incluidos ángulos e intersecciones. El marcado habrá de permitir que los pasajeros identifiquen todas las vías de evacuación y reconozcan fácilmente las salidas de emergencia. Si se utiliza iluminación eléctrica, esta se alimentará de la fuente de energía de emergencia e irá dispuesta de modo que el fallo de una sola luz o un corte en la banda de alumbrado no dé lugar a que el marcado sea ineficaz.
- Todos los símbolos de las vías de evacuación y las marcas de emplazamiento del equipo contraincendios serán de material fotoluminiscente.

Para los buques de las clases B, C y D construidos después del enero de 2003, la Administración del Estado de abanderamiento se asegurará de que tal alumbrado o equipo fotoluminiscente ha sido evaluado, sometido a prueba y aplicado de conformidad con el Código de sistemas de seguridad contra incendios.

- Para los buques que transporten más de 36 pasajeros, los alojamientos de la tripulación y las puertas normalmente cerradas que forman parte de una vía de evacuación, también deberán incorporar alumbrado suplementario de emergencia prescrito anteriormente.

Equipos de seguridad

Para buques de nueva construcción de todas las clases con eslora superior o igual a 40m se establece que:

- Se deberán llevar aparatos de respiración artificial para evacuación de emergencia acordes con el Código de sistemas de seguridad contra incendios.
- Se deberán llevar al menos dos aparatos de respiración artificial en cada zona vertical principal para evacuación de emergencia.
- En los buques que transporten más de 36 pasajeros, además de los dos aparatos de respiración artificial en cada zona vertical principal, se deberán llevar dos aparatos más de respiración artificial para evacuación de emergencia en cada zona vertical principal.



- Las dos preinscripciones anteriores, no se aplicaran a los troncos de escalera que constituyan zonas verticales principales individuales ni a las zonas verticales principales situadas a proa o a popa del buque, siempre que no contengan ni espacios de acomodación con escaso, moderado o considerable riesgo de incendio, ni espacios de maquinarias ni galerías principales.
- En los espacios de máquinas se instalarán aparatos de respiración artificial para evacuación de emergencia en emplazamientos fácilmente visibles, de forma que puedan alcanzarse rápida y fácilmente en todo momento en caso de incendio.
- El número y la ubicación de estos aparatos se indicará en el plano de lucha contra incendios.

3.3.3. Disposiciones para buques de pasaje de transbordo rodado

A continuación se detalla las prescripciones a seguir para todos los buques de pasaje de transbordo rodado que realicen travesías entre puertos españoles sobre el proceso de evacuación.

Para los buques de pasaje de transbordo rodado de las clases B, C y D de nueva construcción y los buques de pasaje de transbordo rodado ya existentes de clase B se establece que:

- Se deben disponer pasamanos u otras agarraderas, en todos los pasillos a lo largo de las vías de evacuación. Dichos pasamanos se instalarán a ambos lados de los pasillos longitudinales de más de 1,8 metros de ancho y en todos los pasillos transversales de más de 1 metros de ancho. Los pasamanos y otras agarraderas serán lo suficientemente resistentes para soportar una carga horizontal distribuida de 750 N/m, aplicada en la dirección del centro del pasillo o espacio, y una carga vertical distribuida de 750 N/m aplicada en dirección descendente. No siendo necesario aplicar ambas cargas simultáneamente.
- Las vías de evacuación no pueden estar obstruidas por mobiliario ni ningún otro tipo de obstáculo.
- Los armarios y demás mobiliario pesado que se halle en los espacios públicos y a lo largo de las vías de evacuación se sujetarán para evitar que se desplacen si el buque balancea o escora, exceptuando aquellas mesas y sillas que puedan ser retiradas para proporcionar un espacio abierto.
- Cuando el buque esté navegando, las vías de evacuación se mantendrán libres de obstáculos, tales como carros de limpieza, ropa de cama, equipaje y cajas de mercancías.



- Hay que proveer vías de evacuación desde cualquier espacio del buque habitualmente ocupado hasta el puesto de reunión. Estas vías de evacuación se dispondrán de manera tal que proporcionen la vía más directa posible hacia el puesto de reunión, y estarán marcadas con signos relacionados con los dispositivos y medios de salvamento, aprobados por la OMI.
- Si los espacios cerrados son contiguos a una cubierta expuesta, las aberturas de dichos espacios hacia la cubierta expuesta deben poderse utilizar, cuando sea posible, como salidas de emergencia.
- Las cubiertas estarán numeradas por orden sucesivo, comenzando por "1" en el techo del doble fondo o la cubierta más baja. La numeración se colocará de forma que sea claramente visible en un lugar destacado en los rellanos de las escaleras y de los ascensores. También deberá asignarse un nombre a cada cubierta, aunque este no debe aparecer obligatoriamente, el número de la cubierta aparecerá siempre.
- En el interior de las puertas de cada camarote y en los espacios públicos se colocarán en lugares destacados, planos figurativos donde se indique "Usted está aquí" y las vías de evacuación marcadas con flechas. El plano mostrará la dirección de la vía de evacuación y estará debidamente orientado en relación con su posición en el buque.
- No se necesitará llave para abrir las puertas de las cabinas y los camarotes desde el interior. Tampoco habrá ninguna puerta a lo largo de la vía de evacuación designada que sea necesario abrir con llave cuando se proceda en dirección de la vía de evacuación.

Para los buques de pasaje de transbordo rodado de las clases B, C y D de nueva construcción se establece que:

- La parte inferior de 0,5 metros de los mamparos verticales y demás tabiques que formen divisiones verticales a lo largo de las vías de evacuación deben ser capaces de soportar una carga distribuida de 750 N/m^2 de modo que pueda ser utilizada como superficie para caminar cuando el ángulo de escora del buque sea muy pronunciado.
- Las vías de evacuación de los camarotes hasta los troncos de escaleras serán lo más directas posible y con un número mínimo de cambios de dirección. No será necesario cruzar de banda a banda el buque para llegar a una vía de evacuación. Tampoco será necesario subir o bajar más de dos cubiertas para llegar a un puesto de reunión o a una cubierta expuesta, desde cualquier espacio de pasajeros.
- Se proveerán vías exteriores desde las cubiertas expuestas citadas en la prescripción anterior hasta los puestos de embarco en las embarcaciones de supervivencia.

Para los buques de pasaje de transbordo rodado de las clases B, C y D construidos después del julio de 1999 se establece que:



- Las vías de evacuación se someterán al comienzo del proyecto a un análisis de la evacuación que servirá para determinar y eliminar, en la medida de lo posible, las aglomeraciones que puedan producirse durante el abandono del buque.
- El análisis se utilizará para determinar si los medios de evacuación son lo suficientemente flexibles como para ofrecer la posibilidad de que determinadas vías de evacuación, puestos de reunión, puestos de embarco o embarcaciones de supervivencia no puedan utilizarse como consecuencia de un siniestro.

3.3.4. Disposiciones para la reunión y el embarco en las embarcaciones de supervivencia en buques de pasaje

A continuación se detalla las prescripciones a seguir para todos los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles sobre el proceso de evacuación centrándose en el punto de reunión y embarco en equipos de evacuación del buque.

Para todos los buques de nueva construcción y aquellos buques ya existentes de las clases B, C y D se establece que:

- Las embarcaciones de supervivencia para las que se exija llevar dispositivos aprobados de puesta a flote irán colocadas lo más cerca posible de los espacios de alojamiento y de servicio.
- Se dispondrán puestos de reunión cerca de los puestos de embarco, estos deben ser de fácil acceso desde las zonas de alojamiento y trabajo de la tripulación y lo suficientemente amplios como para concentrar a todas las personas que hayan de reunirse en ellos. Se proveerá un espacio libre en cubierta de al menos $0,35 \text{ m}^2$ por persona.
- **Para los buques construidos antes del 1 de julio de 1998**, todos los puestos de reunión dispondrán de espacio suficiente para dar cabida a todas las personas que deban congregarse en él.
- Los puestos de reunión y de embarco, los pasillos, las escaleras y salidas que den acceso a los puestos de reunión y a los puestos de embarco deben estar convenientemente iluminados.
- El embarco en los botes salvavidas se podrá efectuar directamente desde su posición de estiba o desde una cubierta de embarco, pero no desde ambas.
- El embarco en las balsas salvavidas de pescante se podrá efectuar desde un lugar contiguo a su posición de estiba o desde un lugar al que se traslade la balsa antes de efectuar la puesta a flote.



- Cuando sea necesario se proveerán medios para atracar al costado del buque las embarcaciones de supervivencia de pescante y mantenerlas así, de modo que se pueda embarcar en ellas sin riesgos.

Para buques de nueva construcción de las clases B, C y D se establece que:

- Si el dispositivo de puesta a flote de las embarcaciones de supervivencia no permite el embarco en la embarcación de supervivencia antes de que esta se encuentre en el agua y la altura con respecto al agua es superior a 4,5 metros por encima de la flotación correspondiente a la condición de navegación con calado mínimo, se instalará un sistema homologado de evacuación marina (M.E.S.). En los buques equipados con el M.E.S., se asegurará la comunicación entre el puesto de embarco y la plataforma de las embarcaciones de supervivencia.

Para todos los buques de nueva construcción y buques ya existentes de las clases B, C y D se establece que:

- En cada costado del buque deberá haber al menos una escala de embarco que cumpla con la normativa IMO; la Administración del Estado de abanderamiento podrá eximir de este requisito a un buque siempre que el francobordo entre la posición de embarco y la flotación sea inferior a 1,5 metros, en cuales quieras que sean las condiciones de asiento y escora del buque y condiciones de navegación con normalidad o después de avería.

3.3.5. Disposiciones para la reunión y el embarco en las embarcaciones de supervivencia en buques de pasaje de transbordo rodado

A continuación se detalla las prescripciones a seguir para todos los buques de pasaje de transbordo rodado que realicen travesías entre puertos españoles sobre el proceso de evacuación centrándose en el punto de reunión y embarco en equipos de evacuación del buque en términos balsas salvavidas, botes de rescate rápidos, medios de rescate y chalecos salvavidas.

Balsas Salvavidas:

Para los buques de transbordo rodado de las clases B, C y D construidos antes del enero de 2003 se establece que:

- Las balsas salvavidas de los buques de pasaje de transbordo rodado dispondrán de sistemas de evacuación marinos que se ajusten a lo prescrito en la regla III/48.5 del Convenio SOLAS (M.E.S.), en vigor el 17 de marzo de 1998, o dispositivos de puesta a



flote que se ajusten a lo dispuesto en la regla III/48.6 del mismo Convenio, distribuidos uniformemente a cada costado del buque.

- Se asegurará la comunicación entre el puesto de embarco y la plataforma.
- No obstante lo dispuesto anteriormente, cuando en los buques de pasaje de transbordo rodado se sustituyan los sistemas de evacuación marinos o, se efectúen reparaciones, reformas o modificaciones de importancia que entrañen la sustitución, o adición de los dispositivos o medios de salvamento existentes, las nuevas balsas salvavidas dispondrán de sistemas de evacuación marina conformes a lo prescrito en la sección 6.2 del Código IDS (M.E.S.), o bien se instalarán dispositivos de puesta a flote acordes con lo prescrito en el punto 6.1.5 del Código IDS, distribuidos uniformemente a cada costado del buque.

Para los buques de transbordo rodado de las clases B, C y D construidos después del enero de 2003 se establece que:

- Las balsas salvavidas de los buques de pasaje de transbordo rodado dispondrán de sistemas de evacuación marina que cumplan las prescripciones de la sección 6.2 del Código IDS o dispositivos de puesta a flote que se ajusten a lo dispuesto en el punto 6.1.5 del Código IDS, distribuidos uniformemente a cada costado del buque.
- Se asegurará la comunicación entre el puesto de embarco y la plataforma.

Para los buques de transbordo rodado de las clases B, C y D se establece que:

- Todas las balsas salvavidas de un buque de pasaje de transbordo rodado estarán provistas de medios de estiba de zafada automática que cumplan lo dispuesto en la regla III/13.4 del Convenio SOLAS.
- Todas las balsas salvavidas de los buques de pasaje de transbordo rodado estarán dotadas de una rampa de acceso que cumpla lo prescrito en los puntos 4.2.4.1 o 4.3.4.1 del Código IDS, según proceda.
- Todas las balsas salvavidas de un buque de pasaje de transbordo rodado serán autoadrizables o bien serán balsas reversibles con capota abatible que sean estables en mar encrespada y capaces de funcionar de manera segura tanto adrizadas como volcadas. Podrán permitirse balsas reversibles sin capota siempre que la Administración del Estado de abanderamiento lo considere apropiado.

Botes de rescate rápidos

Para los buques de transbordo rodado de las clases B, C y D se establece que:



- El bote de rescate, si su transporte es obligatorio, será del tipo bote de rescate rápido y aprobado por la Administración del Estado de abanderamiento teniendo en cuenta las recomendaciones aprobadas por la OMI en su circular MSC/Circ.809.
- El bote de rescate rápido dispondrá de un dispositivo de puesta a flote aprobado por la Administración del Estado de abanderamiento. Al aprobar tal dispositivo, la Administración del Estado de abanderamiento tendrá en cuenta que los botes de rescate rápidos están destinados a ser puestos a flote y recuperados incluso en condiciones meteorológicas muy desfavorables.
- Al menos dos tripulaciones del bote de rescate rápido recibirán formación y efectuarán ejercicios periódicos, teniendo en cuenta lo dispuesto en la sección A-VI/2, tabla A-VI/2-2, "Especificaciones de las normas mínimas de competencia en el manejo de botes de rescate rápidos" del Código de formación, titulación y guardia para la gente del mar (STCW) y las recomendaciones aprobadas por la OMI en su Resolución A.771 (18) en su versión enmendada. La formación y los ejercicios incluirán todos los aspectos del rescate, el manejo, la maniobra, operación de dichas naves en diversas condiciones y su adrizamiento en caso de zozobra.
- En el caso de que la disposición general o las dimensiones de un buque de pasaje de transbordo rodado existente sean tales que impidan la instalación del bote de rescate rápido prescrito obligatorio, en caso de serlo, se podrá instalar un bote de rescate rápido que reúna los requisitos para considerarse bote de rescate o bote para uso en una emergencia en lugar de un bote salvavidas existente, siempre que se cumplan las condiciones siguientes:
 - a) Que el bote de rescate rápido instalado disponga de un dispositivo de puesta a flote que se ajuste a lo estipulado.
 - b) Que la capacidad de las embarcaciones de supervivencia perdida a causa de la sustitución antedicha sea compensada mediante la instalación de balsas salvavidas capaces de transportar al menos un número de personas igual al que transportaría el bote salvavidas que se sustituye.
 - c) Que tales balsas salvavidas utilicen los dispositivos de puesta a flote existentes o los sistemas marítimos de evacuación existentes.

Medios de rescate

Para los buques de transbordo rodado de las clases B, C y D se establece que:

- Estará equipado con medios adecuados para rescatar del agua a los supervivientes y trasladarlos desde los botes de rescate o las embarcaciones de supervivencia al buque.
- El medio para trasladar a los supervivientes podrá formar parte de un sistema marítimo de evacuación (M.E.S.) o de un sistema previsto para fines de salvamento.



- Si la rampa de un sistema marítimo de evacuación (M.E.S.) constituye un medio para trasladar a los supervivientes desde la plataforma a la cubierta del buque, la rampa estará dotada de pasamanos o escalas que faciliten la subida por ella.

Chalecos salvavidas

Para los buques de transbordo rodado de las clases B, C y D se establece que:

- Se dispondrá un número suficiente de chalecos salvavidas en las proximidades de los puestos de reunión para que los pasajeros no tengan que regresar a sus camarotes a recoger los chalecos.
- En los buques de pasaje de transbordo rodado, todos los chalecos salvavidas irán provistos de una luz que cumpla lo dispuesto en el punto 2.2.3 del Código IDS.

3.3.6. Disposiciones para determinar Zonas de aterrizaje y de evacuación para helicópteros

Para los buques de nueva construcción de las clases B, C y D y buques ya existentes de las mismas se establece que:

- Los buques de pasaje de transbordo rodado dispondrán de una zona de evacuación para helicópteros aprobada por la Administración del Estado de abanderamiento.
- **Los buques de pasaje de transbordo rodado de nueva construcción de las clases B, C y D de eslora igual o superior a 130 metros** dispondrán de una zona de evacuación para helicópteros aprobada por la Administración del Estado de abanderamiento teniendo en cuenta las recomendaciones del Manual internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento (INMASAR) adoptado por la OMI y la Circular MSC/Circ.895 "Recomendación sobre las zonas de aterrizaje para helicópteros en los buques de pasaje de transbordo rodado".

3.3.7. Disposiciones para determinar el empleo de instrucciones de emergencia

Para los buques de nueva construcción de las clases B, C y D y buques ya existentes de las mismas se establece que:

- Siempre que embarquen nuevos pasajeros, se les dará instrucciones sobre seguridad inmediatamente antes o inmediatamente después de hacerse a la mar, dichas instrucciones serán mediante un anuncio en uno o varios idiomas que puedan ser comprendidos por los pasajeros. El anuncio se hará a través del sistema de megafonía del buque o utilizando otro medio equivalente que pueda ser escuchado al menos por los pasajeros que no lo hayan oído durante el viaje.



3.3.8. Disposiciones para determinar la formación y ejercicios periódicos relativos al abandono del buque

Para los buques de nueva construcción de las clases B, C y D y buques ya existentes de las mismas se establece que:

- Cada tripulante con funciones asignadas en situaciones de emergencia conocerá bien esas funciones antes de que empiece la travesía.
- Se realizará una vez por semana un ejercicio de abandono del buque y un ejercicio de lucha contra incendios.
- Cada uno de los tripulantes participará al menos en un ejercicio de abandono del buque y en un ejercicio de lucha contra incendios todos los meses.
- Los ejercicios de la tripulación se realizarán antes de la salida del puerto si más del 25 % de los tripulantes no ha participado en ejercicios de abandono del buque y de lucha contra incendios a bordo del buque durante un mes con anterioridad a dicha salida.
- Cuando un buque entre en servicio por primera vez después de una modificación de importancia, o con una nueva tripulación, los ejercicios periódicos anteriormente mencionados se efectuarán antes de salir a la mar.
- Todo ejercicio de abandono del buque comprenderá las actuaciones prescritas en la regla III/19.3.3.1 del Convenio SOLAS, teniendo en cuenta las directrices de la circular MSC.1/Circ.1206 "Medidas para prevenir los accidentes causados por botes salvavidas".
- Los botes salvavidas y botes de rescate se arriarán en ejercicios sucesivos con arreglo a las prescripciones de la regla III/19 3.3.2, 3.3.3 y 3.3.6 del Convenio SOLAS.
- Si los ejercicios de puesta a flote de los botes salvavidas y botes de rescate se efectúan llevando el buque marcha avante, dichos ejercicios, por los peligros que ello entraña, solo se realizarán en aguas abrigadas y bajo la supervisión de un oficial que tenga experiencia en ellos.
- La Administración del Estado de abanderamiento podrá autorizar a los buques a no poner a flote los botes salvavidas por un costado si sus disposiciones de amarre en puerto y sus patrones de tráfico no permiten la puesta a flote de botes salvavidas por ese costado. No obstante, todos esos botes salvavidas serán arriados al menos una vez cada tres meses y puestos a flote al menos una vez anualmente.



- Si en un buque hay instalados sistemas de evacuación marina (M.E.S.), cada ejercicio de abandono del buque incluirá las acciones prescritas en la regla III/19.3.3.8 del Convenio SOLAS.
- El alumbrado de emergencia requerido para las operaciones de reunir al pasaje y a la tripulación y abandonar el buque se probará en cada ejercicio periódico de abandono del buque.
- Los ejercicios de lucha contra incendios se realizarán con arreglo a lo dispuesto en la regla III/19.3.4 del Convenio SOLAS.
- Se impartirá a los tripulantes formación a bordo y se les darán instrucciones con arreglo a lo prescrito en la regla III/19.4 del Convenio SOLAS.



4. Análisis del plan de evacuación del buque Ro-Pax “Martín i Soler”

4.1. Generalidades del “Martín i Soler”

El buque objeto de estudio es un Ro-Pax propiedad de la compañía Baleària Eurolíneas Marítimas S.A, construido por los astilleros H. J. Barreras S.A. y entregado el 5 de Junio de 2008. Fue el primero de una serie de nuevos buques encargados por Balearia para su nueva línea comercial de “fast ferrys” denominada “Balearia+”.



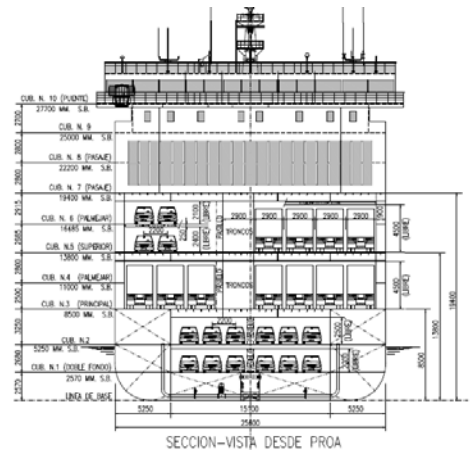
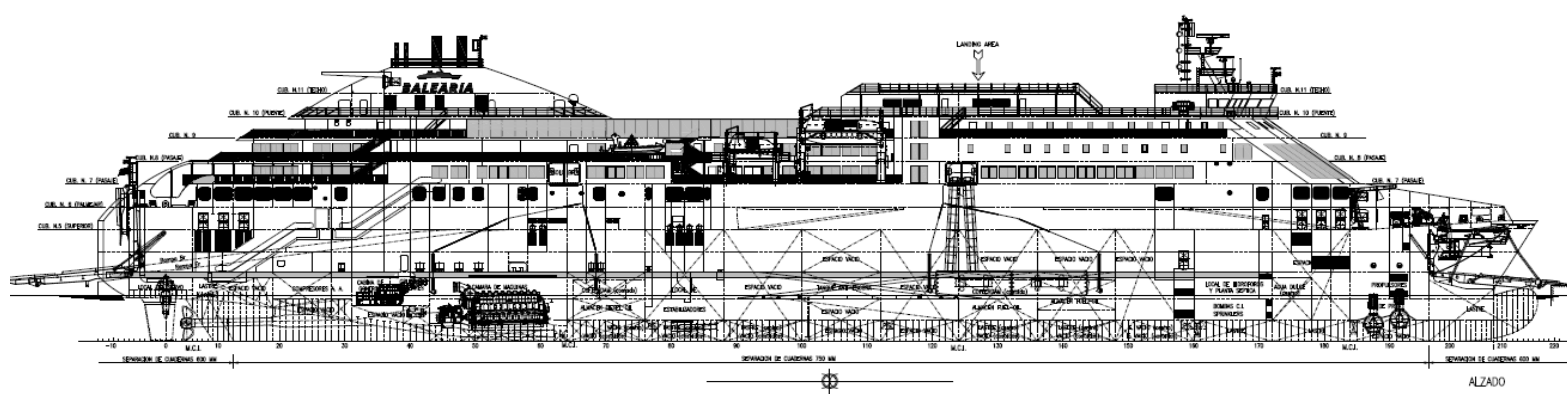
· Foto 29: el Martín i Soler saliendo del puerto de Palma.

Algunas de sus características principales son:

- Bandera:** Santa Cruz de Tenerife
- Armador:** Eurolíneas Marítimas S.A.
- Empresa:** Baleària
- Tipo de buque:** Ro-Ro Passenger Ship
- Lugar de fabricación:** Astilleros H.J. Barreras, Vigo
- Fecha de fabricación:** Entrega el 5 Junio 2008
- Clasificación:** Bureau Veritas
- Número IMO:** 9390367
- Indicativo de llamada:** E.B.Z.T.
- Arqueo Bruto:** 24614 G.T.



- Peso muerto: 4370 Tm
- Eslora total: 165,30 m
- Eslora entre perpendiculares: 161,50 m
- Manga de trazado: 25,60 m
- Puntal a la cubierta Nº 3 (Ppal.): 8,50 m
- Nº de cubiertas: 10
- Calados: De diseño; 5,50 m
A plena carga: 5,70 m
- Maquinaria propulsora: Dos motores MAK-Caterpillar de 9000 kW x 2 a 500 r.p.m.
- Velocidad en servicio: 21,40 nudos
- Máxima capacidad de carga con turismos y tráileres: Turismos: 328 unidades
Tráileres: 1200 metros lineales
- Autonomía en servicio: 3200 millas
- Máxima capacidad tripulación y pasaje: 1164 pasajeros, 36 tripulantes



· Plano 1: alzado y sección desde proa de la disposición general del Martín i Soler.



4.2. Dispositivos de salvamento y evacuación

El buque “Martín i Soler” cuenta con múltiples dispositivos de salvamento ya que se trata de un buque mixto de pasaje y carga y por tanto la seguridad de las personas es un factor muy importante a tener en cuenta. Por ello en toda la habilitación de tripulación podemos encontrar los cuadros orgánicos que nos indican como deberemos actuar en caso de emergencia, así como las funciones de cada tripulante según el tipo de emergencia.

El cuadro orgánico de obligaciones e instrucciones para casos de emergencia del buque está pensado para 1164 pasajeros y 36 tripulantes. No obstante el número de tripulantes es bastante mayor, y por tanto los supernumerarios que no aparecen en el cuadro no tienen una función específica asignada. En el cuadro orgánico se indica cual es la señal en caso de **abandono de buque**, sonarán siete señales sonoras cortas seguidas de una larga.

El buque cuenta con múltiples dispositivos, los de más interés para nuestro estudio:

-Botes salvavidas

-Botes de rescate y medios de rescate (M.O.R)

- Sistemas de Evacuación Marina M.E.S (Marine Evacuation Systems)

4.2.1. Botes salvavidas

El buque está equipado con cuatro botes salvavidas parcialmente cerrados, dos de ellos con capacidad para 150 personas cada uno y los otros dos botes con capacidad para 30 personas cada uno. Estos están distribuidos de la siguiente forma: uno de 150



personas y uno de 30 personas a babor, y otro de 150 personas y junto con el otro de 30 personas a estribor, los de 150 se encuentran en la cubierta 9 y los de 30 personas en la cubierta 8.

El casco de los botes consta principalmente de tres piezas moldeadas independientes: casco principal, interior y capota integral. Están fabricadas en fibra de vidrio reforzada retardante de la acción del fuego y conectados entre sí en forma de doble casco. El espacio entre cascos está relleno

· Foto 30: arriado del bote de 150 personas.



de material para aumentar la flotabilidad del bote.

Los botes son autoadrizables en caso de zozobra siempre que los pasajeros permanezcan sentados y con los cinturones abrochados, incluso cuando el bote esté inundado o abierto al mar.

El puesto del timonel del bote está situado por detrás y por encima de los ocupantes del bote, por lo que dispone de una perfecta visión de los alrededores. Una escotilla por encima de éste puesto, permite al timonel obtener una mejor visión o el acceso a la parte superior del bote en caso de emergencia.

Los botes están equipados con un mecanismo de suelta, disponen de un mecanismo central situado en las proximidades del puesto de navegación del bote, que asegura que los dos ganchos a popa y a proa actúan de forma simultánea. Estos ganchos están contruidos en acero inoxidable. El bote puede soltarse de dos formas posibles:

-*Normal*: un sistema hidrostático libera el bote unos 20 minutos de encontrarse a flote. Con esto se asegura que el bote no se soltará cuando se encuentre aún suspendido en los pescantes.



· Foto 31: arriado del bote de 30 personas.

-*Emergencia*: en caso de emergencia, el sistema hidrostático puede desactivarse rompiendo una protección de plexi-glass que permite acceder al pasador de seguridad. Esto permite que en una situación urgente la tripulación del bote pueda soltar el mecanismo aunque aún no se encuentre a flote.

4.2.2. Botes de rescate y medios de rescate (M.O.R)

El buque está provisto de los siguientes botes de rescate:



- **1 Bote de rescate rápido** para nueve personas, localizado en lado de estribor, cubierta nº 8. Cuenta con un motor fuera borda de gasolina dos tiempos de 60 HP capaz de alcanzar una velocidad de 22 nudos con tres personas a bordo.

- **1 Bote de rescate** para seis personas, localizado en el lado de babor en la cubierta nº 8. También tiene un motor fuera borda de gasolina dos

· Foto 32: arriado del bote de rescate rápido.



tiempos de 60 HP. Éste es un poco más pequeño que el de rescate rápido y no requiere de tanta velocidad, tiene que alcanzar al menos 8 nudos con 6 personas a bordo.

Los botes de rescate estarán provistos de suficiente combustible para navegar a una velocidad de seis nudos durante cuatro horas y a plena carga.

- **1 M.O.R.** para **10 personas**. Los medios de rescate M.O.R. tienen como propósito el traslado de personas desde la superficie del agua a la cubierta del buque en caso de emergencia. Se manejan de una forma similar a la de las balsas salvavidas arriables mediante pescante. Éste está localizado en la banda de estribor en la cubierta nº 8 junto al bote de rescate rápido.



· Foto 33: dispositivo M.O.R. junto al bote de rescate rápido.

4.2.3. Sistemas de Evacuación Marina M.E.S.

El **sistema de evacuación marina** consiste en una serie de tubos verticales inflables por los que los pasajeros del buque tienen acceso a las balsas salvavidas del buque. De esta forma, los pasajeros evacuados a través del tubo lo hacen aislados de las condiciones ambientales. Otros sistemas de evacuación similares constan de una rampa inflable abierta en lugar del tubo vertical, y pueden incluir una plataforma flotante como paso previo a la entrada en las balsas salvavidas.

Existen dos M.E.S. a bordo, uno en cada banda del buque situados en la cubierta nº 7.

Equipo	Tipo	Unid.	Capacidad	Situación
BALSAS SALVAVIDAS				
RFD Marine Ark	Lanzamiento por la borda	4	109	4 en Cub. nº 7 (2 en cada M.E.S.)
RFD Marine Ark	Lanzamiento por la borda	4	106	4 en Cub. nº 7 (2 en cada M.E.S.)
RFD Marine Ark	Lanzamiento por la borda	2	100	2 en Cub. nº 10 Br-Er (Proa)
RFD Marine Ark	Lanzamiento por la borda	2	50	2 en Cub. nº 10 Br-Er (Proa)
TUBOS DE EVACUACIÓN				
RFD Marine Ark	Chute doble	2	430	2 en Cub. nº 7 (en cada M.E.S)

· Tabla 3: características de los M.E.S.



Las balsas salvavidas están alojadas en recipientes rígidos de fibra de vidrio instalados de forma independiente sobre calzos. Están provistas de dos cámaras de flotación individuales, cada una con una flotabilidad suficiente para transportar al número de personas indicado por su capacidad (50 o 100).



· Foto 34: balsas reserva de 50 y 100 personas.

Las balsas salvavidas adicionales se lanzan por la borda dentro de sus contenedores desde sus calzos. Una vez a flote se inflarán automáticamente tras un tirón en el cabo de disparo rápido. Todas las balsas salvavidas deben estar equipadas con un mecanismo de disparo automático (sistema hidrostático) que provoca el inflado de la balsa de forma automática si no ha habido tiempo de la activación manual. En combinación con el sistema de evacuación, las balsas se

dispararán de forma remota. Cuando éstas se encuentren a flote, se conectan a los tubos de evacuación.

El mecanismo de disparo automático provoca el inflado de la balsa de forma automática bajo el agua si no ha habido tiempo para la activación manual. El disparo hidrostático se activa por la presión bajo el agua a una profundidad entre 2 y 4 metros. El contenedor flotará libremente hacia la superficie del agua. El cabo de disparo está asegurado a la cubierta o al calzo de la balsa con un eslabón débil por un extremo y por el otro al depósito de inflado de la balsa y al cabo de remolque de la balsa. Si el buque se ha hundido a una profundidad de unos 30 metros la mayor parte del cabo de disparo habrá salido del contenedor de la balsa, activando el sistema de inflado. La flotación de la balsa bajo el agua es suficiente para romper el eslabón débil que la une al buque, permitiendo su libre ascenso a la superficie del agua.



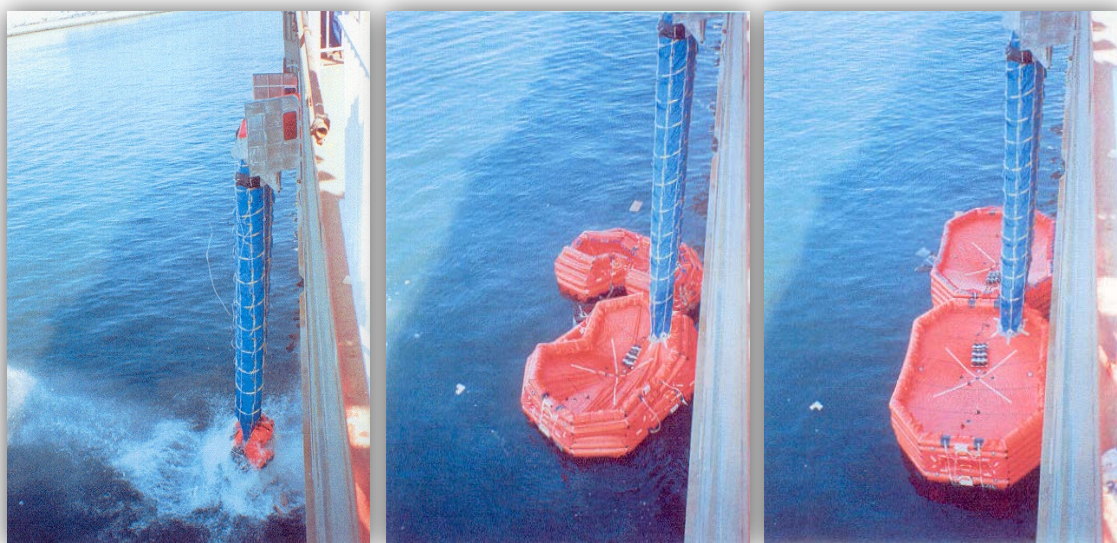
· Foto 35: sistema M.E.S. Popa Babor plegado en su local de lanzamiento.



· Foto 36: cabestrante eléctrico que mantiene las balsas infladas junto al costado del barco.



Los tubos de evacuación instalados permiten embarcar a los pasajeros y la tripulación secos en las balsas de una manera rápida y segura. También minimizan el número de tripulantes necesarios para asistir al pasaje ya que se trata de una operación sencilla. El sistema se despliega en una sola operación y dispone de un sistema de lanzamiento controlado. La naturaleza telescópica del tubo de evacuación asegura un descenso seguro y compensa los movimientos del mar y el buque. Los tubos verticales van reforzados con kevlar. El sistema se opera por medio de unos cilindros hidráulicos activados por gas comprimido (nitrógeno).



· Foto 37: secuencia de despliegue de un dispositivo M.E.S. semejante al del “Martín i Soler”.

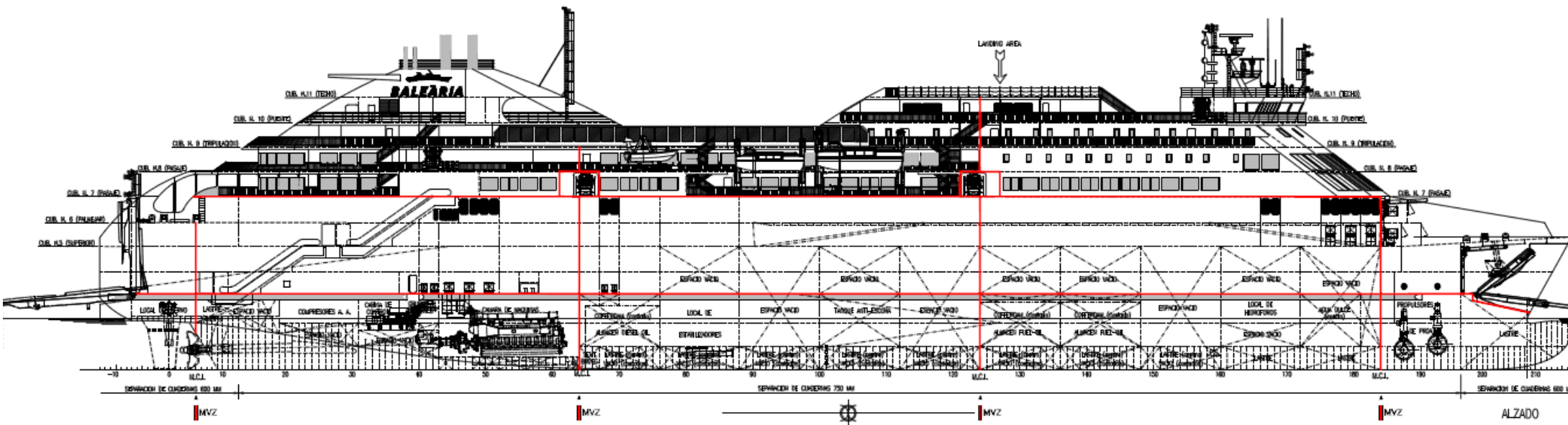
Los cilindros empujan las balsas embaladas fuera de su zona de almacenaje, hasta que las balsas alcancen el límite y se precipitan al agua seguidas por los tubos de evacuación al cual van sujetas las balsas. Cuando las balsas abandonan el embalaje, el inflado de las mismas y de los tubos de evacuación comienza automáticamente. Cuando el conjunto está inflado las balsas permanecen en el costado del barco debido a que están sujetas con unos cabos que mantienen la tensión por medio de un cabestrante eléctrico.

4.3. Análisis de las zonas de estudio

Aún teniendo 10 cubiertas, las cubiertas objeto de nuestro estudio serán las destinadas a la acomodación del pasaje y habilitación de tripulación y conductores. En total tres cubiertas 7, 8,9. A continuación se detallan las características de cada una de ellas.



4.3.1. División de zonas verticales principales



· Plano 2: alzado con las zonas principales verticales del “Martín i Soler”.

El buque consta de tres zonas verticales principales, en el plano superior delimitadas por las líneas rojas. La primera zona principal vertical, empezando por popa, abarca desde la cuaderna 5 hasta la 64 coincidiendo con el sistema de evacuación marina del costado de babor y llegando el mamparo contra incendios transversal hasta la cubierta 9 no incluida. La segunda zona principal vertical abarca desde la cuaderna 64 hasta la 124 coincidiendo con el sistema de evacuación marina del costado de estribor, no obstante el mamparo contraincendios transversal que delimita la segunda zona principal vertical llega hasta la cubierta 11 no incluida. La tercera y última zona principal vertical abarca desde la cuaderna 124 hasta la 184 coincidiendo con fin de la zona de acomodación del pasaje, llegando el mamparo contraincendios transversal hasta la cubierta 7 no incluida. Los mamparos contra incendios que delimitan las tres zonas verticales principales, son paneles aislantes pirorresistentes del tipo A-60 con un espesor de 75 mm y los refuerzos de 25 mm, también están revestidos por una cara en aluminio.



4.3.2 Cubierta 7

La cubierta 7 es la primera cubierta de pasaje y la principal. Es por donde accede el pasaje al buque a través de 2 escaleras mecánicas situadas una en cada costado del buque, llevando al pasaje al vestíbulo dónde se encuentra la recepción y la tienda. Todos los mamparos van aislados con lana de roca de un espesor que variará en función del tipo de mamparo. Todos los aislamientos incorporan por una cara un revestimiento de aluminio.

Primera zona vertical principal

Empezando por la popa encontramos la terraza exterior del bar de popa con capacidad para albergar 44 personas. El bar de popa, en su interior, cuenta un aforo de 94 personas. Siguiendo por los pasillos situados a babor y estribor encontramos las acomodaciones de butacas clase turista, la de babor con capacidad para 63 plazas y la de estribor con capacidad para 56 plazas. Adyacente a las acomodaciones se encuentra la tienda comercial. Seguidamente por el pasillo de babor encontramos el M.E.S. que coincide con el fin de la primera zona principal vertical.

La primera zona vertical principal está delimitada en su perímetro exterior por mamparos con un aislamiento de 50 mm.

Los mamparos que delimitan el tronco de escalera y ascensor de popa central son del tipo A-15 y A-30 los contiguos al guardacalor. Tienen un aislamiento de 40 mm.

El mamparo que delimita el guardacalor situado en la zona central es del tipo A-60 con un aislamiento de 75 mm.

Los troncos de las escaleras mecánicas situadas a ambos costados del buque están protegidos por mamparos del tipo A-15 y con aislamiento de 40 mm por el lado interior y de 50 mm por el lado exterior.

Hasta llegar al mamparo de división entre la primera y la segunda zona vertical principal, hay un aislamiento de 50 mm. Los mamparos que delimitan el local del sistema de evacuación marino M.E.S. de babor y el pañol de estribor, son del tipo A-60, con un aislamiento de 75 mm.



Segunda zona vertical principal

En la segunda zona principal vertical encontramos, más a popa, el vestíbulo principal con la recepción y punto de información, en ambos costados del vestíbulo encontramos dos salones de estar de 28 plazas cada uno. Siguiendo por ambos pasillos de babor y estribor tenemos en la parte central la cafetería-autoservicio con capacidad para albergar 176 personas, y a banda y banda encontramos dos acomodaciones de butacas para clase turista con 40 plazas cada una. Al final de la cafetería-autoservicio por el pasillo de estribor encontramos el local del M.E.S. que coincide con el fin de la segunda zona vertical principal. A ambos costados de esta zona i coincidiendo con la zona expuesta correspondiente a los puntos de reunión C y D encontramos los puestos de embarque de pasaje a los botes de 150 y 30 personas.

El aislamiento de la zona del vestíbulo de recepción y los dos salones de estar es de 50 mm de espesor. El tronco del ascensor central situado detrás de la recepción, está delimitado por un mamparo del tipo A-15, con aislamiento de 40 mm.

El mamparo contiguo con la zona de cafetería-autoservicio, al igual que los mamparos que delimitan las zonas de los botes salvavidas y de escaleras expuestas, son del tipo A-60 con aislamiento de 75 mm.

Las escaleras mas a proa de la segunda zona vertical principal situadas en ambos costados del buque, por el lado de la zona de botes salvavidas cuentan con un mamparo con aislamiento de 50 mm; por el lado de los pasillos interiores, con un mamparo del tipo A-15 con aislamiento de 40 mm; por el lado de más a proa, el de babor delimita con un pañol a través de un mamparo del tipo A-15 con un aislante 40 mm y el de estribor, delimita con el local del M.E.S. a través de un mamparo del tipo A-60 con un aislamiento de 75 mm.

Tercera zona vertical principal

En la tercera zona vertical principal encontramos a babor y estribor las acomodaciones de primera clase con capacidad para 98 plazas las de babor y 92 las de estribor. Finalmente siguiendo por ambos pasillos llegamos al bar de proa con un aforo para 132 personas.

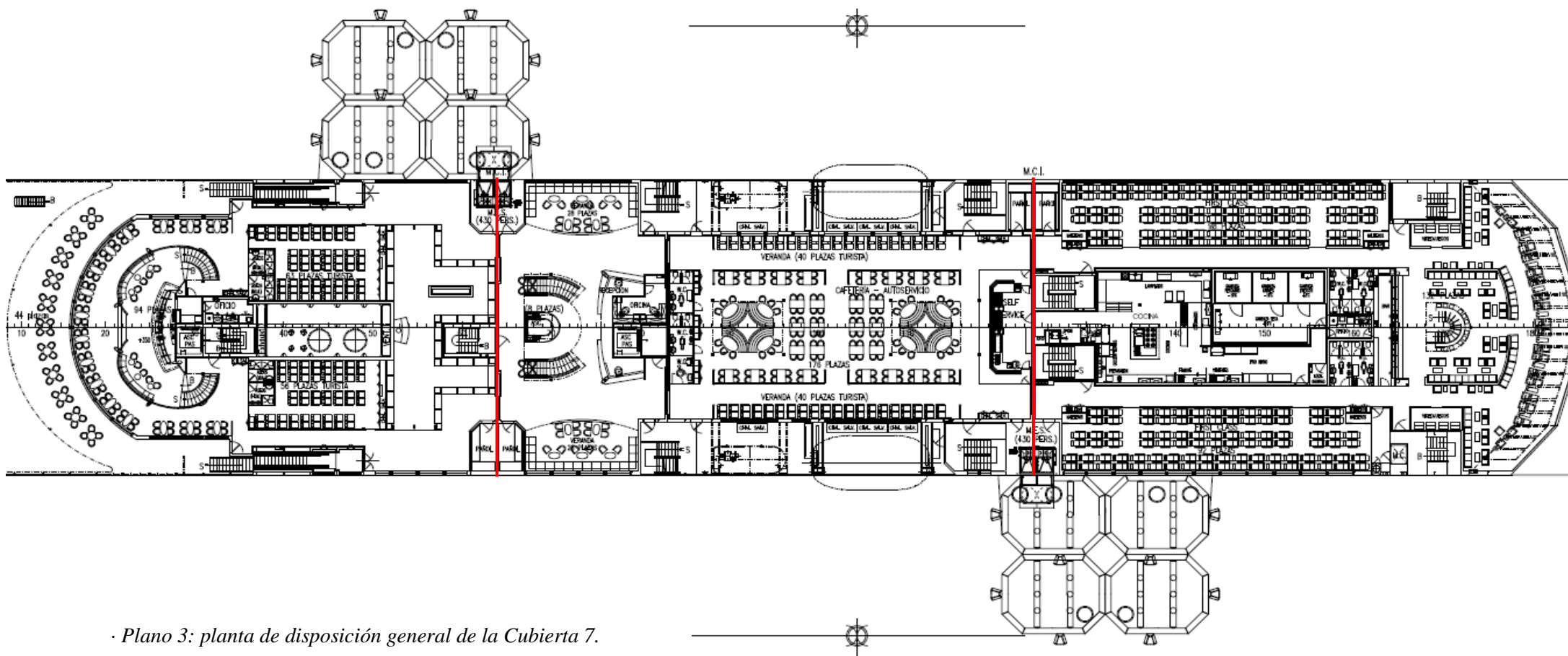
Los mamparos que delimitan el perímetro exterior de esta zona, tienen un aislamiento de 50 mm.



Los mamparos que delimitan el pañol de babor, el local del M.E.S. de estribor y la zona central de cocina y gambuzas, son del tipo A-60 con un aislamiento de 60 mm.

Los mamparos que delimitan los troncos de escaleras centrales de babor y estribor y los troncos de las escaleras situadas a babor y estribor de la zona más a proa, son del tipo A-15 y con un aislamiento de 40 mm.

El pañol de las basuras, situado a estribor y contiguo a las escaleras de proa estribor, cuenta con un mamparo de tipo A-60 y un aislamiento de 75 mm.



· Plano 3: planta de disposición general de la Cubierta 7.



Dispositivos de salvamento y puestos de reunión

La cubierta 7 es la cubierta que alberga más cantidad de pasaje en sus acomodaciones, en ella se encuentran todos los puestos de reunión y puestos de embarque, así como los dos sistemas de evacuación marina M.E.S. que son los dispositivos de mayor capacidad de evacuación de todo el buque. Encontramos dos M.E.S.

El primero está situado en la banda de babor, entre la primera y la segunda zona vertical principal. Este M.E.S está pensado para evacuar 430 personas distribuidas en 4 balsas, dos de ellas con capacidad para 106 pasajeros y las otras dos con capacidad para 109 pasajeros cada una. En el local en que está situado, también se estivan 3 trajes de protección contra la intemperie y 1 respondedor de radar.

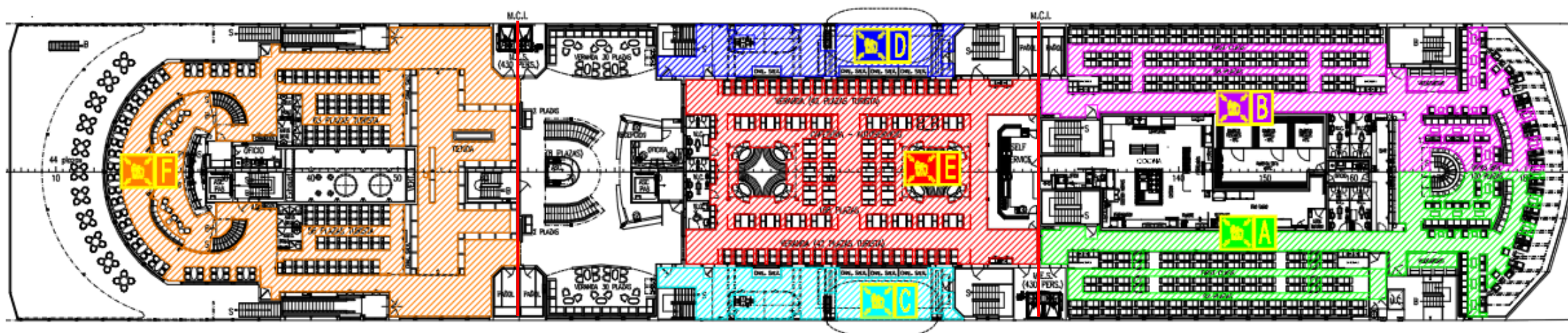
El segundo M.E.S. está situado en la banda de estribor, entre la segunda y la tercera zona vertical principal. Está pensado para evacuar 430 personas distribuidas en 4 balsas, dos de ellas con capacidad para 106 pasajeros y las otras dos con capacidad para 109 pasajeros cada una. En el local en que está situado, también se estivan 3 trajes de protección contra la intemperie y 1 respondedor de radar.

En total, en la cubierta 7, se encuentran 6 puestos de reunión:

- **Puesto de reunión A:** situado en la tercera zona vertical principal a estribor, adyacente a la acomodación de primera clase de proa estribor, está concebido para un aforo de 207 pasajeros y 6 tripulantes, con un área total de 164 m^2 , por encima del mínimo establecido por el marco normativo que exige un espacio mínimo de $0,35 \text{ m}^2$ por persona, en cuyo caso para este punto de reunión debería hacer $74,55 \text{ m}^2$ por lo menos.
- **Puesto de reunión B:** situado en la tercera zona vertical principal a babor, adyacente a la acomodación de primera clase de proa babor, está concebido para un aforo de 206 pasajeros y 6 tripulantes, con un área total de 164 m^2 , por encima del mínimo establecido por el marco normativo que exige un espacio mínimo de $0,35 \text{ m}^2$ por persona, en cuyo caso para este punto de reunión debería hacer $74,2 \text{ m}^2$ por lo menos.
- **Puesto de reunión C:** situado en la segunda zona vertical principal a estribor y expuesta, coincidiendo con los puestos de embarque a los botes salvavidas de estribor, está concebido para un aforo de 174 pasajeros y 6 tripulantes, con un área total de $87,5 \text{ m}^2$, por encima del mínimo establecido por el marco normativo que exige un espacio mínimo de $0,35 \text{ m}^2$ por persona, en cuyo caso para este punto de reunión debería hacer $52,5 \text{ m}^2$ por lo menos.



- **Puesto de reunión D:** situado en la segunda zona vertical principal a babor y expuesta, coincidiendo con los puestos de embarque a los botes salvavidas de babor, está concebido para un aforo de 174 pasajeros y 6 tripulantes, con un área total de 87,5 m², por encima del mínimo establecido por el marco normativo que exige un espacio mínimo de 0.35m² por persona, en cuyo caso para este punto de reunión debería hacer 52,5 m² por lo menos.
- **Puesto de reunión E:** situado en la segunda zona vertical principal central, coincidiendo con la zona de cafetería-autoservicio y las acomodaciones de clase turista de ambos lados del buque. Está concebido para un aforo de 226 pasajeros y 6 tripulantes, con un área total de 268,5 m², por encima del mínimo establecido por el marco normativo que exige un espacio mínimo de 0.35m² por persona, en cuyo caso para este punto de reunión debería hacer 81,2 m² por lo menos.
- **Puesto de reunión F:** situado en la primera zona vertical principal, abarcándola por completo. Está concebido para un aforo de 248 pasajeros y 6 tripulantes, con un área total de 385,5 m², por encima del mínimo establecido por el marco normativo que exige un espacio mínimo de 0.35m² por persona, en cuyo caso para este punto de reunión debería hacer 88,9 m² por lo menos.



· Plano 4: planta de puestos de reunión Cubierta 7.



4.3.3 Cubierta 8

La cubierta 8 es la segunda cubierta de pasaje, correspondiente a las acomodaciones de primera clase, camarotes del pasaje y zonas de ocio. Todos los mamparos van aislados con lana de roca de un espesor que variará en función del tipo de mamparo. Todos los aislamientos incorporan por una cara un revestimiento de aluminio.

Primera zona vertical principal

Empezando por la popa encontramos la terraza exterior del tecele superior del bar de popa con capacidad para albergar 44 personas. El bar de popa, en el tecele superior interior, cuenta con un aforo de 89 personas. Siguiendo hacia proa, se encuentra la zona de juegos expuesta y también cerrada, a babor infantil y a estribor para todos los públicos.

La zona interior del bar está delimitada en su perímetro exterior por mamparos con un aislamiento de 50 mm.

Los mamparos que delimitan el tronco de escalera y ascensor de popa central son del tipo A-15 y A-30 los contiguos al guardacalor. Tienen un aislamiento de 40 mm.

El mamparo que delimita el guardacalor situado en la zona central es del tipo A-0 con un aislamiento de 50 mm.

Segunda zona vertical principal

En la segunda zona principal vertical encontramos, más a popa, el tecele superior del vestíbulo principal de recepción, el vestíbulo cuenta con un aforo de 54 plazas. A ambos costados del vestíbulo, y expuestos se encuentran los accesos para la tripulación a los botes de rescate y las zonas



de embarco de tripulación a los botes salvavidas. Siguiendo hacia proa se encuentra la acomodación de butacas de primera clase, con una capacidad de 168 plazas.

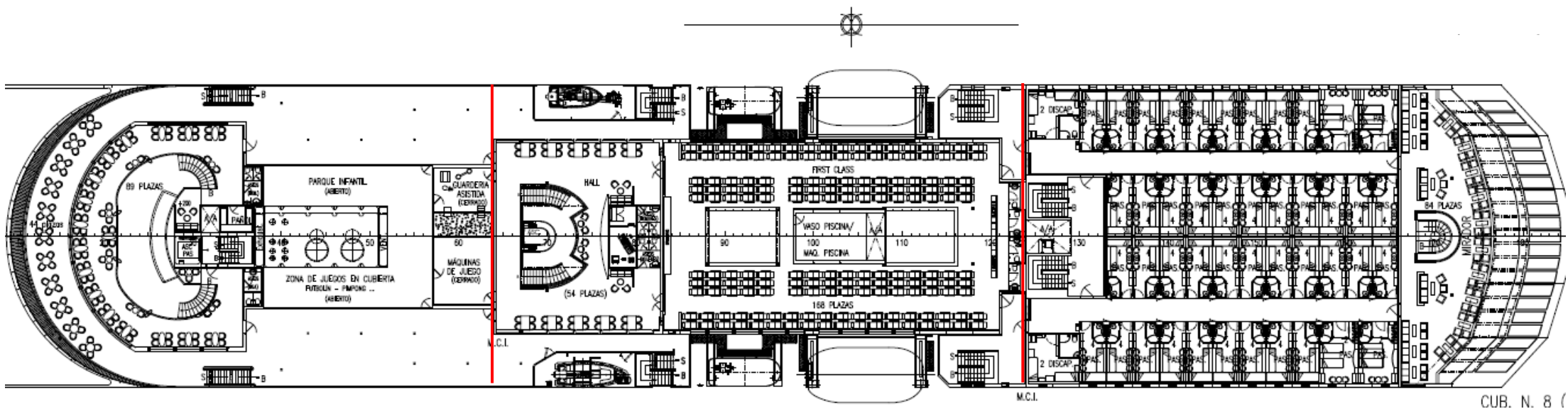
Los mamparos que abarcan la zona desde el tecele superior del vestíbulo de recepción hasta los troncos de las escaleras situadas a estribor y babor de la zona más a proa de la segunda zona vertical principal, son del tipo A-60 con un aislamiento de 60 mm.

Los troncos de escalera más a proa a babor y estribor, cuentan en su lado interior con mamparos del tipo A-15 y aislamiento de 40 mm y en su lado expuesto con un aislamiento de 50 mm.

Tercera zona vertical principal

En la tercera zona vertical principal coincide con la zona de camarotes de pasaje, más a popa encontramos a babor y estribor 2 camarotes para discapacitados con una capacidad total de 4 plazas. Repartidos entre la zona central y también a babor y a estribor, encontramos 40 camarotes con capacidad total para 160 pasajeros, además, y más a proa hay 2 camarotes de lujo en cada costado del buque con una capacidad total de 8 pasajeros. En la zona más a proa de la tercera zona vertical principal encontramos el tecele superior del bar y salón-mirador de proa, con un aforo de 84 personas.

Los mamparos que delimitan el perímetro exterior de la zona de camarotes de pasaje longitudinalmente por babor y estribor, tienen un aislamiento de 50 mm y transversalmente por popa y proa son del tipo A-60 y tienen un aislamiento de 75 mm, exceptuando los mamparos que delimitan los troncos de escaleras centrales de babor y estribor que son del tipo A-0 con aislamiento de 50 mm en sus lados contiguos a los pasillos y del tipo A-15 con aislamiento de 40 mm en su lado contiguo a los camarotes centrales.



· Plano 5: planta de disposición general de la Cubierta 8.

Dispositivos de salvamento y evacuación

En la cubierta 8, situados en la segunda zona vertical principal encontramos a babor el bote de rescate, con capacidad para 6 personas que cuenta con 3 trajes de inmersión. A estribor encontramos el bote de rescate rápido con capacidad para 9 personas dotado con 3 trajes de inmersión.

Más a proa, también en la segunda zona vertical principal, se encuentran, a ambos costados del buque, los botes salvavidas con capacidad para 30 personas cada uno.



4.3.3 Cubierta 9

La cubierta 9 es una cubierta con solo dos zonas verticales principales, la primera y la segunda forman una única zona vertical principal abierta en casi toda su totalidad y la tercera zona vertical principal correspondiente a la habilitación de la tripulación. Todos los mamparos van aislados con lana de roca de un espesor que variará en función del tipo de mamparo. Todos los aislamientos incorporan por una cara un revestimiento de aluminio.

Primera y segunda zona vertical principal

Empezando por la popa encontramos la zona abierta de terraza-solárium de popa con capacidad para 44 personas y más a proa del guardacalor, se encuentra una zona abierta de bar y terraza con capacidad para 112 personas. Más a proa se encuentra la zona abierta de piscina y hamacas, con una capacidad de 56 plazas. A babor y estribor de la zona más a popa de la piscina y hamacas, se encuentran los troncos de escaleras expuestas de comunicación entre las tres cubiertas de pasaje. Más a proa de la zona de piscina, se encuentra a babor y estribor, expuestas, las zonas de embarque para la tripulación de los botes salvavidas de mayor capacidad. A proa de la primera y segunda zona vertical principal, empieza la habilitación de la tripulación, con las salas de estar y comedores, de oficiales a babor y de tripulación a estribor. Contiguo al mamparo contra incendios limítrofe con la tercera zona vertical principal, se encuentra la enfermería en la parte central estribor. A ambos costados más a proa de la zona vertical principal en cuestión, se encuentran los troncos de las escaleras.

La zona del guardacalor y alrededores cuenta con mamparos del tipo A-0 con aislamiento de 50 mm de espesor, exceptuando el mamparo que limita el tronco de escalera central y el guardacalor que es del tipo A-30 con un aislamiento de 40mm.

La zona de comedores y salones de estar de la tripulación está equipada por su lado más a popa con mamparos del tipo A-0 con aislamiento de 50 mm y por los lados de babor y estribor, con mamparos del tipo A-60 con aislamiento de 75 mm.

Los troncos de escaleras situados a babor y estribor de la zona más a proa, incorporan mamparos del tipo A-0 con aislamiento de 50 mm.

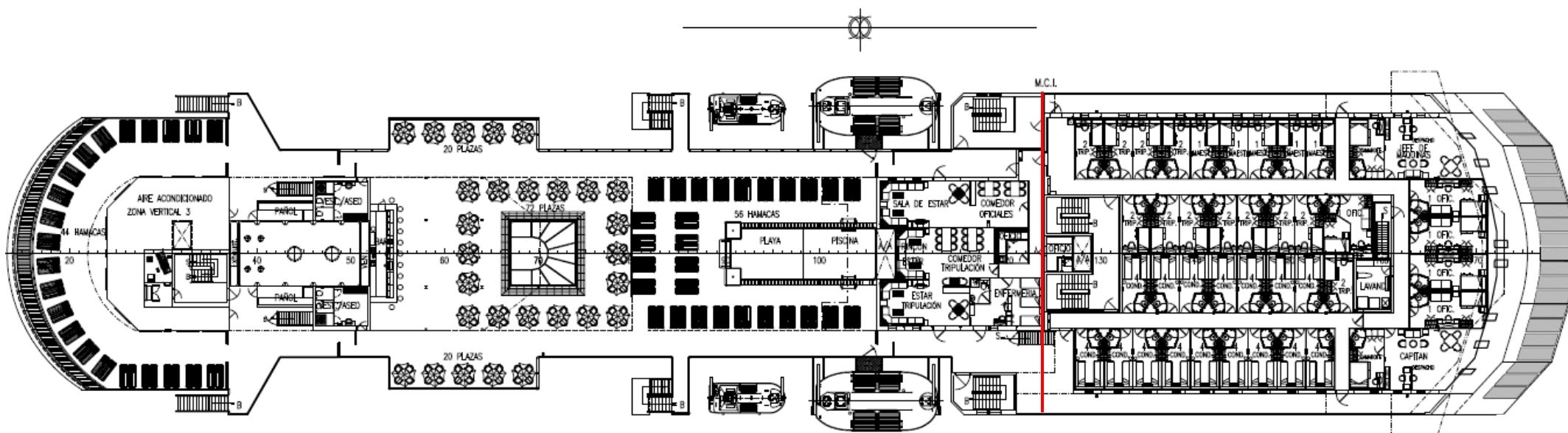


Tercera zona vertical principal

En la tercera zona vertical principal coincide con la zona de camarotes de tripulación en zona central y babor, 12 camarotes dobles con una capacidad total de 24 tripulantes y 12 camarotes individuales con una capacidad total de 12 tripulantes. Se encuentra también la zona de camarotes de conductores en zona central y estribor, 16 camarotes cuádruples con capacidad total para 64 conductores. En la zona más a proa se encuentran los camarotes de oficiales. En la zona más a popa, se encuentran dos troncos de escalera centrales a babor y estribor de acceso a las cubiertas 7, 8 y 9.

Los mamparos que delimitan el perímetro exterior de la zona de camarotes de tripulación y conductores longitudinalmente por babor y estribor, son del tipo A-0 y tienen un aislamiento de 50 mm; transversalmente por popa es un mamparo del tipo A-60 y con un aislamiento de 75 mm.

Los mamparos que delimitan los troncos de escaleras centrales de babor y estribor de la zona más a popa son del tipo A-0 con aislamiento de 50 mm.



· Plano 6: planta de disposición general de la Cubierta 9.



Dispositivos de salvamento y evacuación

En la cubierta 9, situados en la zona más a proa de la primera y segunda zona vertical principal, encontramos a ambos costados del buque, los botes salvavidas con capacidad para 150 personas cada uno. Y sus respectivas zonas de embarco para la tripulación destinada a los mismos.



4.4. Análisis del plan de evacuación

Para hacer un análisis adecuado del plan de evacuación estudiaremos una hipótesis contemplada en el Código MSC Circular 1238, correspondiente al caso diurno, descrita en apartados anteriores. Se seguirá el procedimiento de *Análisis simplificado de la evacuación*. Para ello se deberán tomar a bordo todas las medidas necesarias de anchuras y longitudes de todos los puntos de las vías de evacuación respectivas.

El caso objeto de nuestro análisis, es a nuestro entender el más representativo de una situación real de abandono del buque en cuestión. Puesto que la navegación del “Martín i Soler” en las diversas líneas que realiza, la gran mayoría de veces son trayectos diurnos. Cabe destacar que también es el caso que contempla una distribución más homogénea tanto de pasaje como de tripulación a lo largo de las tres cubiertas de habilitación, con un reparto bastante fidedigno de la situación del pasaje en los distintos espacios públicos, acomodaciones, terrazas... Además es el caso en el que las vías de evacuación contempladas discurren por gran parte de la eslora y la manga habitable del buque, pudiendo analizar con mayor exactitud cada uno de los pasillos, puertas y escaleras con las que cuenta el “Martín i Soler” para la evacuación del pasaje y tripulación.

Una vez calculado el tiempo de evacuación total, aún incluyendo éste el tiempo correspondiente al embarque y puesta a flote a los medios de salvamento y evacuación contemplados en apartados anteriores, se describe de forma detallada la distribución y evacuación del pasaje en los distintos dispositivos desde los puestos de reunión a los puestos de embarque.

La última parte del análisis consiste en comprobar a bordo, el cumplimiento o no de la normativa vigente referente a los aspectos más relevantes sobre las vías de evacuación presentes en el buque y que deben cumplir con el BOE nº 124 según el Real Decreto 457/2011 sobre reglas y normas de seguridad aplicables a los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles.

4.4.1. Análisis del Caso 2

En la circular antes mencionada se hacen las siguientes suposiciones:

- Pasaje y tripulación empiezan el proceso de evacuación en el mismo instante sin obstaculización entre ellos.
- Pasaje y tripulación utilizarán la vía de evacuación principal.



- El flujo de personas se producirá en la dirección de la vía de evacuación, sin adelantamientos, dependiendo la velocidad inicial de la densidad de personas.
- Todos los medios de evacuación están disponibles.
- Se aplicará un factor correctivo para considerar el flujo en sentido contrario.
- El factor para tener en cuenta los efectos del movimiento del buque, la edad y posibles discapacidades de los pasajeros, la imposibilidad de usar pasillos, la visibilidad reducida debida al humo, y otros factores, será de 1,25.
- Se considerará que en el caso de estudio el buque va con aforo completo de 1158 pasajeros y 36 tripulantes.

El caso 2 considera la evacuación durante el día. Para comenzar el análisis se hace una distribución inicial del pasaje por las cubiertas de estudio. Una vez determinados los puntos de reunión y las suposiciones del caso antes mencionadas, se identifican las vías de evacuación hacia los puestos de reunión mediante los esquemas de redes hidráulicas para facilitar la comprensión y el análisis de las mismas. Una vez realizadas las redes hidráulicas se procede a la descripción detallada de cada una de las vías de evacuación, con las dimensiones de longitud (L), anchura libre (Wc) y superficie de pasillos, puertas y escaleras presentes en la vía de evacuación. Esta descripción nos permitirá conocer los parámetros necesarios para poder realizar los cálculos del tiempo de desplazamiento (T). Se identifican puntos de congestión. Se supone como indica el procedimiento que el tiempo de toma de consciencia de la evacuación será de 5 minutos por ser el caso de estudio el diurno. Se considera el tiempo de embarque y puesta a flote de los medios de evacuación igual a 30 minutos. Con estos datos se comprueba si se cumple la norma de eficacia, de no ser así se proponen medidas correctivas.



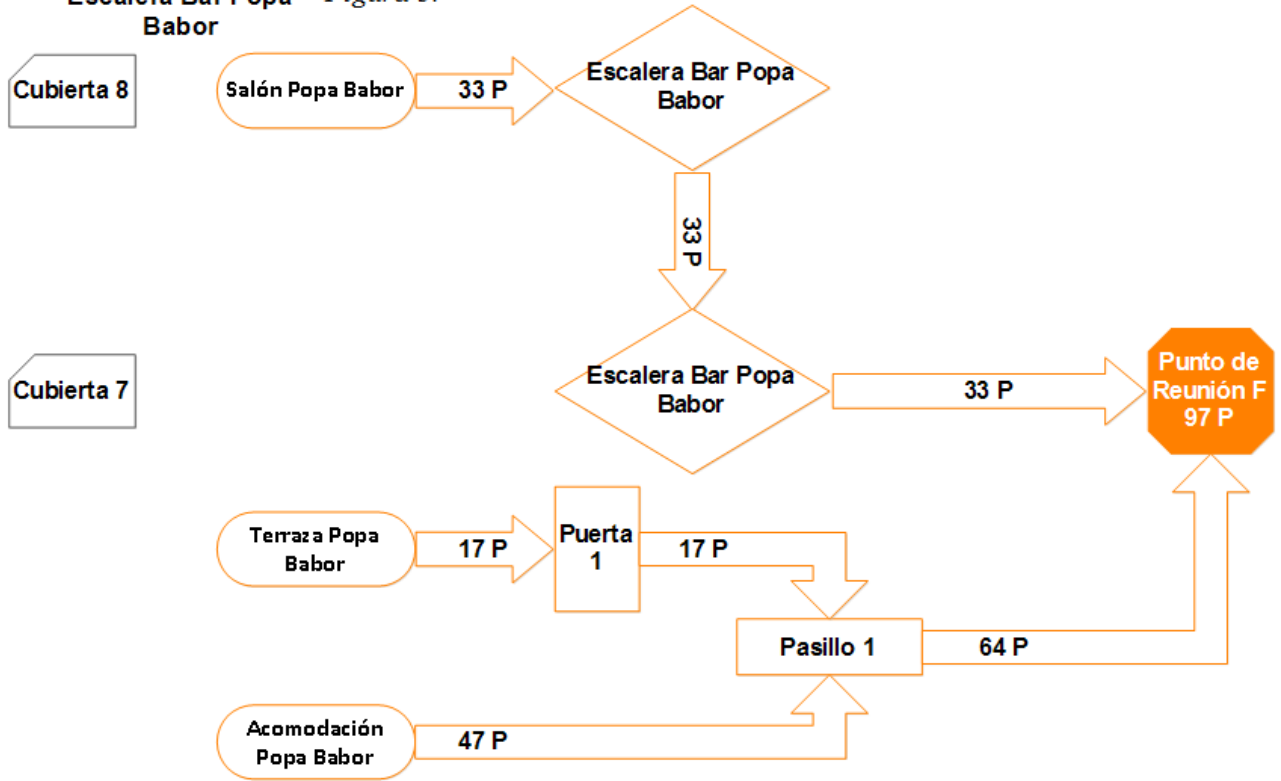
Distribución inicial del pasaje y tripulación:

Punto de partida		Destino						TOTAL
		P.R. A	P.R. B	P.R. C	P.R. D	P.R. E	P.R. F	
Cubierta 9	Zona hamacas Pp.	-	-	16	17	-	-	33
	Terraza	-	-	42	42	-	-	84
	Zona hamacas Centro	-	-	21	21	-	-	42
	Camarotes conductores	-	-	-	-	-	-	-
Cubierta 8	Terraza Pp	-	-	17	16	-	-	33
	Salón Pp	-	-	-	-	-	67	67
	Vestíbulo Centro	-	-	15	15	11	-	41
	Acomodación 1ª clase	-	-	63	63	-	-	126
	Salón-mirador Pr	32	31	-	-	-	-	63
	Camarotes Pasaje	-	-	-	-	-	-	-
Cubierta 7	Terraza Pp	-	-	-	-	-	33	33
	Salón-Bar Pp	-	-	-	-	-	70	70
	Acomodación Pp Br	-	-	-	-	-	47	47
	Acomodación Pp Er	-	-	-	-	-	42	42
	Vestíbulo Centro	-	-	-	-	48	-	48
	Cafetería-Autoservicio	-	-	-	-	126	-	126
	Acomodación Centro	-	-	-	-	63	-	63
	Acomodación 1ª clase Pr Br	-	74	-	-	-	-	74
	Acomodación 1ª clase Pr Er	69	-	-	-	-	-	69
	Salón-Bar Pr	51	46	-	-	-	-	97
Total pasajeros en espacios públicos		152	151	174	174	248	259	1158
Tripulantes en camarotes		2	2	2	2	2	2	12
Tripulantes en servicio		1	1	2	2	3	3	12
Tripulante espacios públicos		3	3	2	2	1	1	12
TOTAL		158	157	180	180	254	265	1194

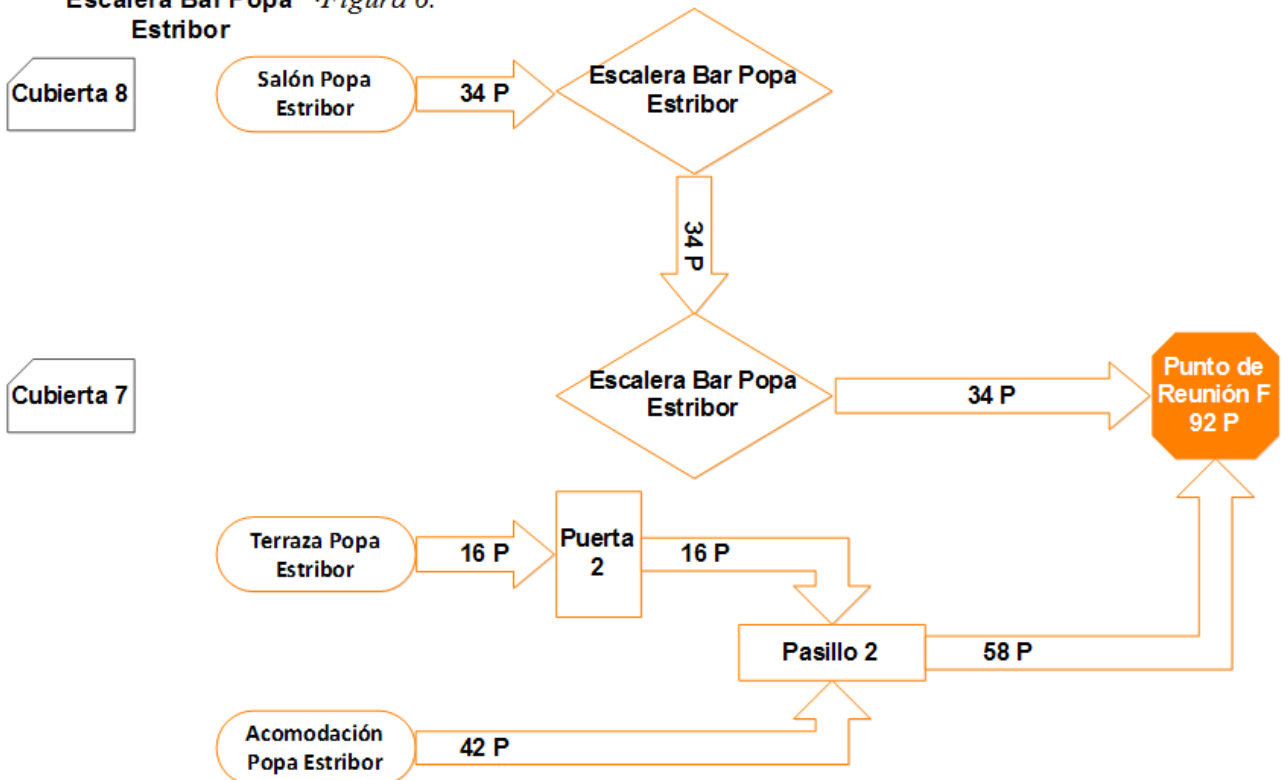
· Tabla 4: distribución inicial de pasaje y tripulación.

Identificación de las vías de evacuación mediante los Esquemas de Redes Hidráulicas de Popa a Proa:

Escalera Bar Popa Babor *Figura 5.*

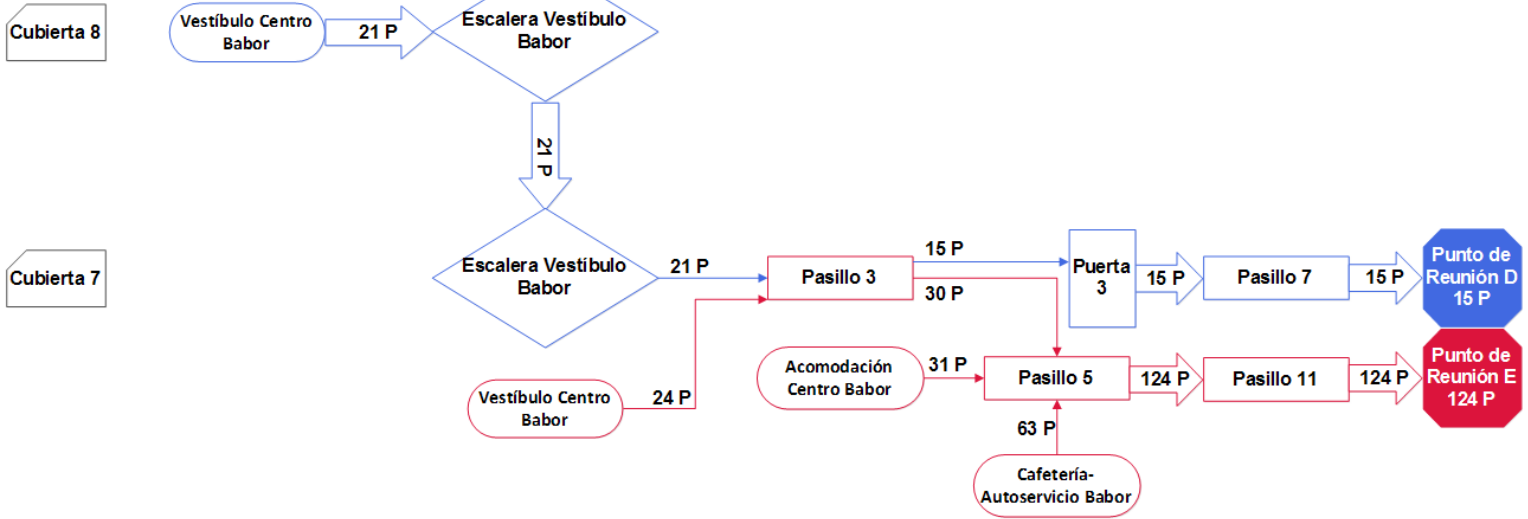


Escalera Bar Popa Estribor *Figura 6.*

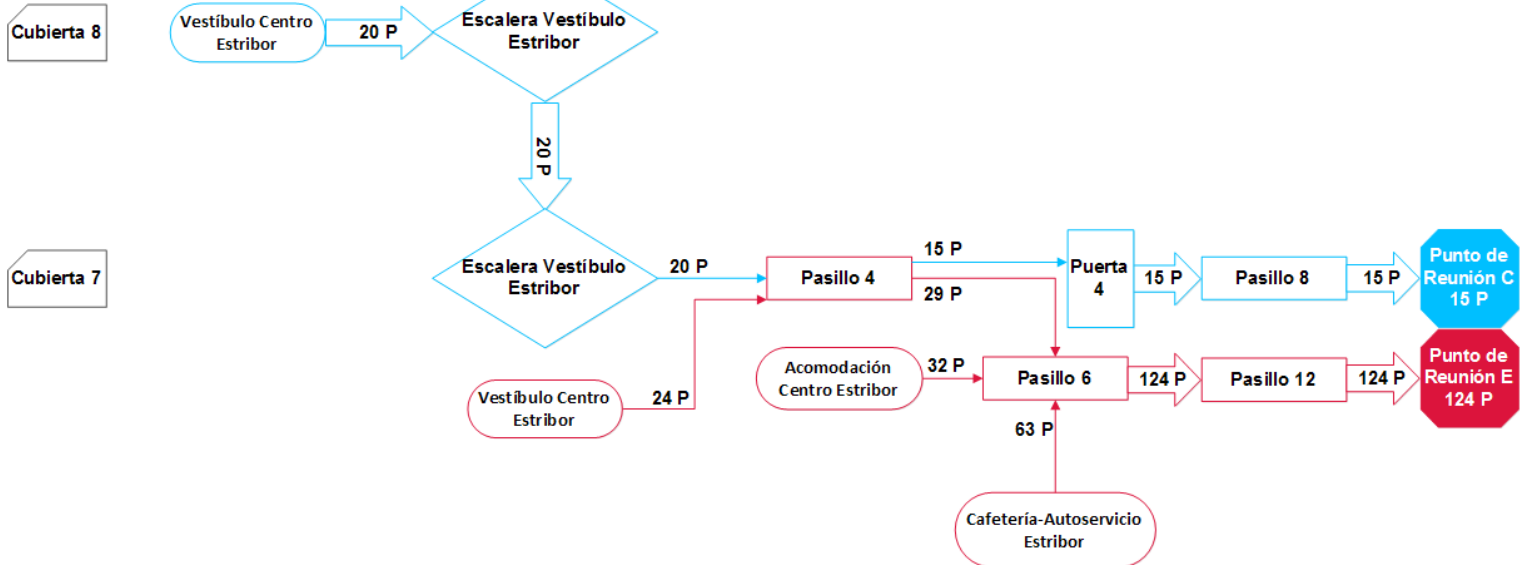




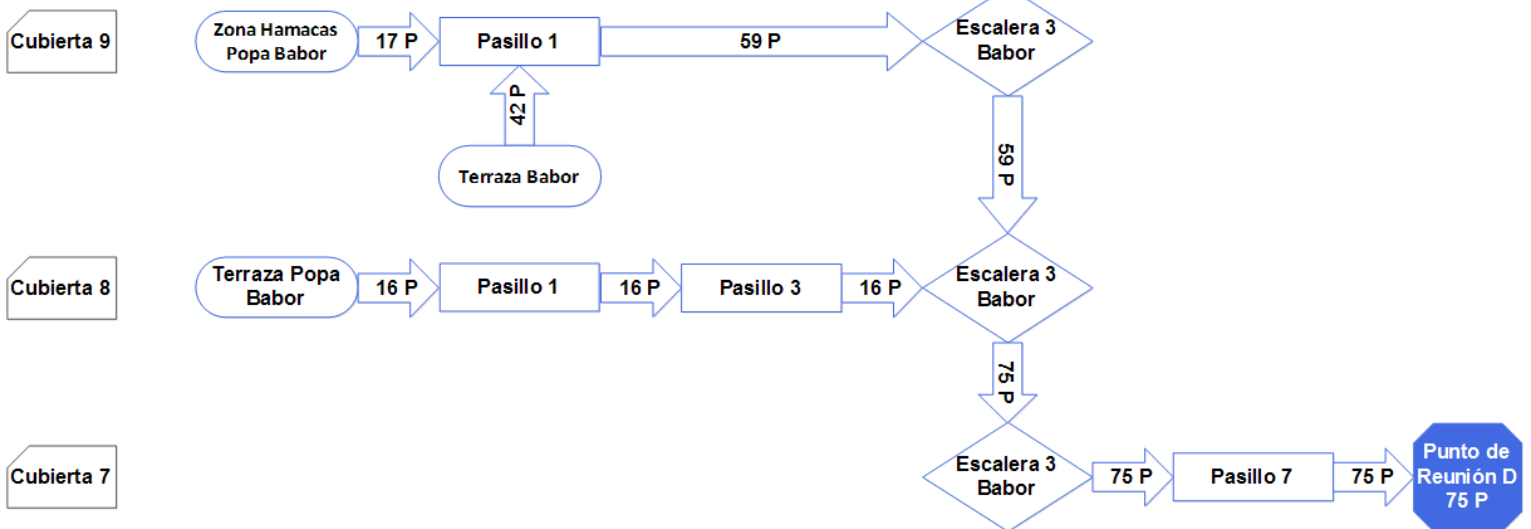
Escalera Vestibulo Babor ·Figura 7.



Escalera Vestibulo Estribor ·Figura 8.

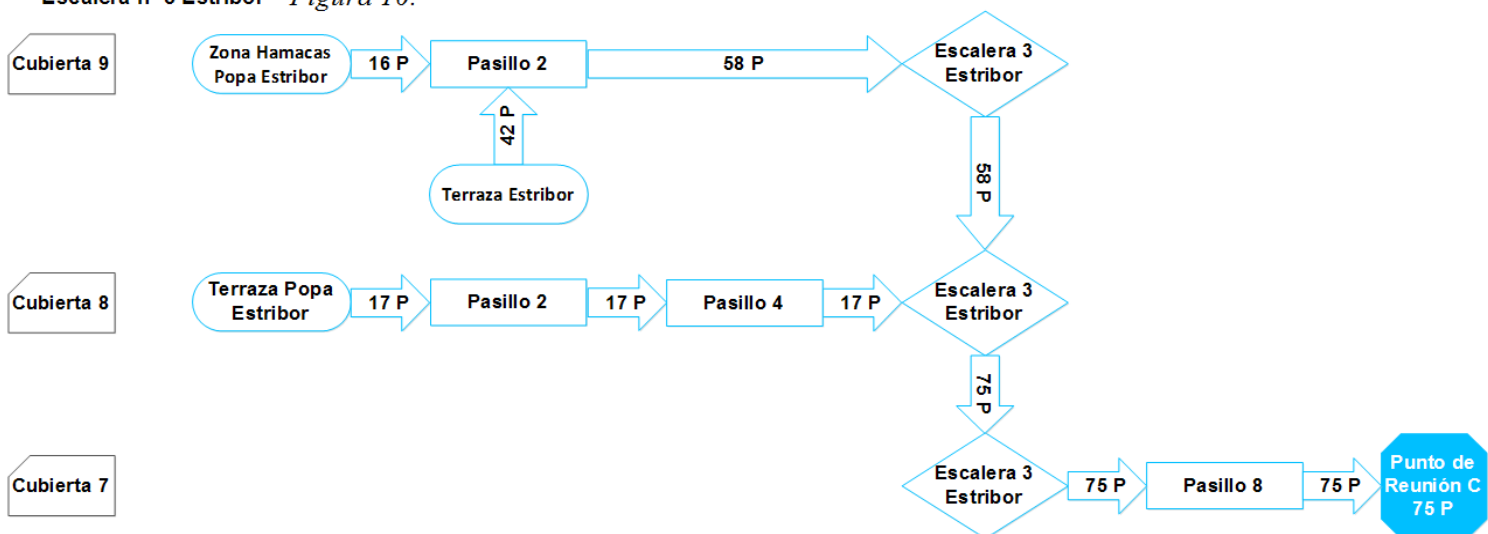


Escalera nº 3 Babor ·Figura 9.

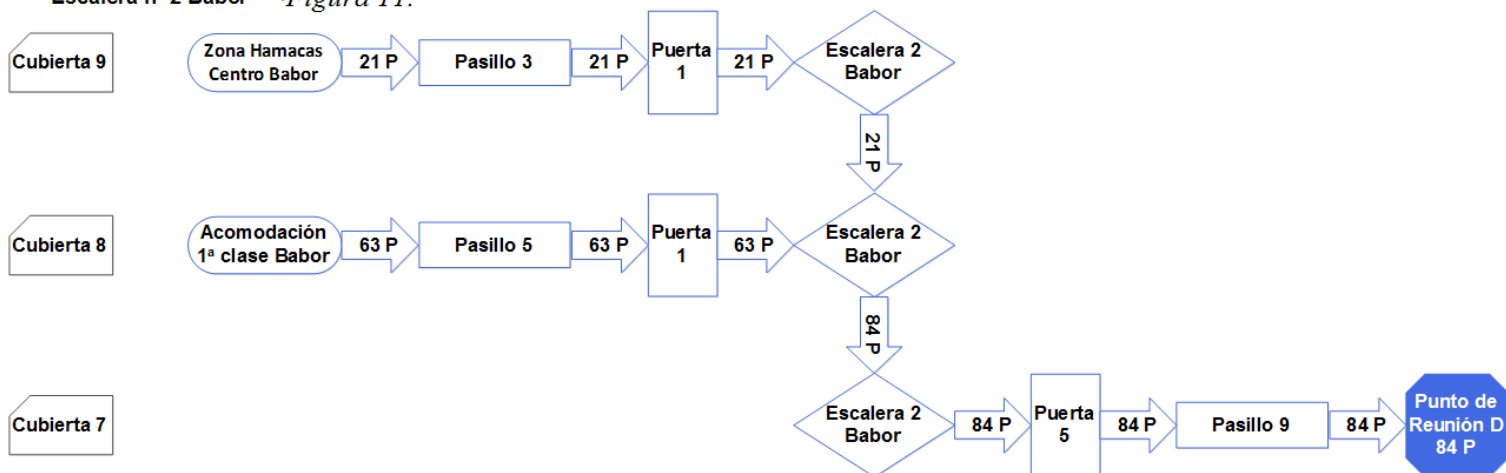




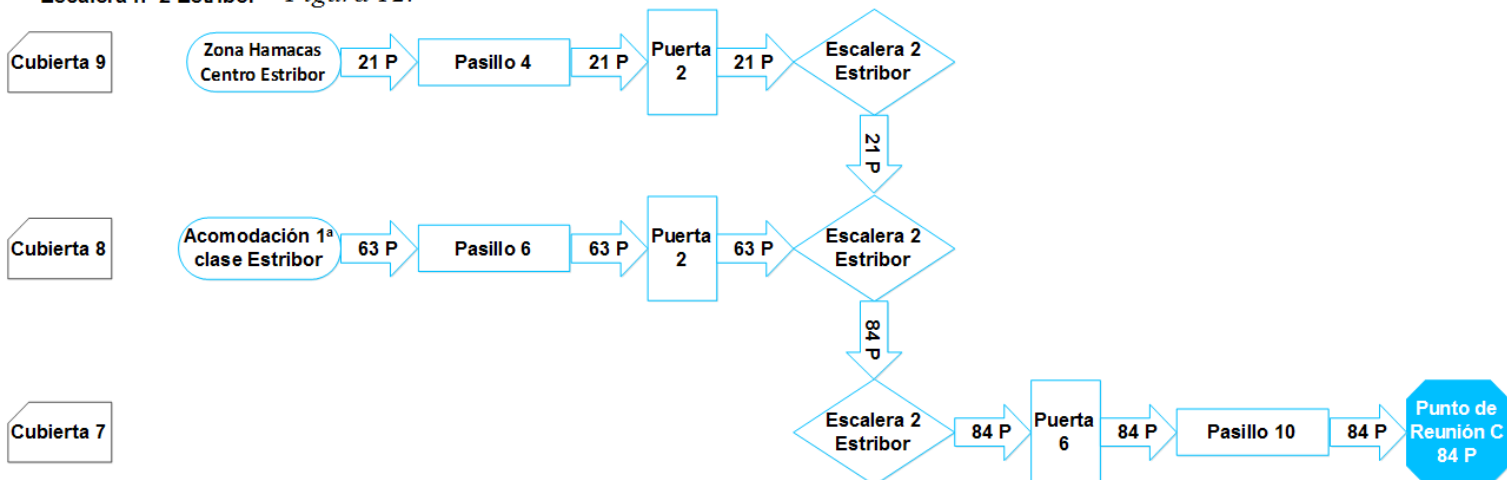
Escalera nº 3 Estribor ·Figura 10.



Escalera nº 2 Babor ·Figura 11.

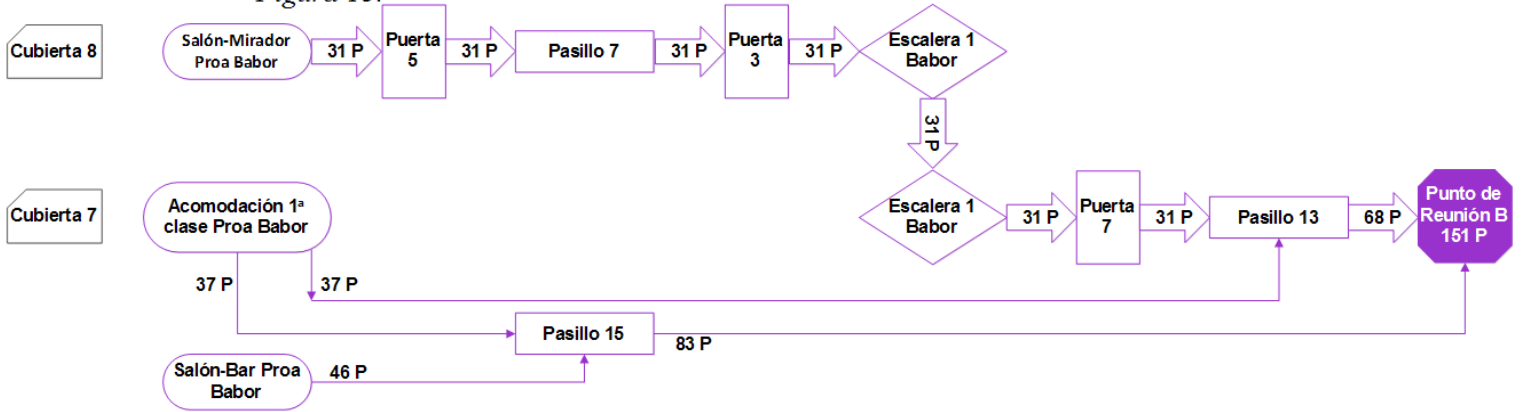


Escalera nº 2 Estribor ·Figura 12.

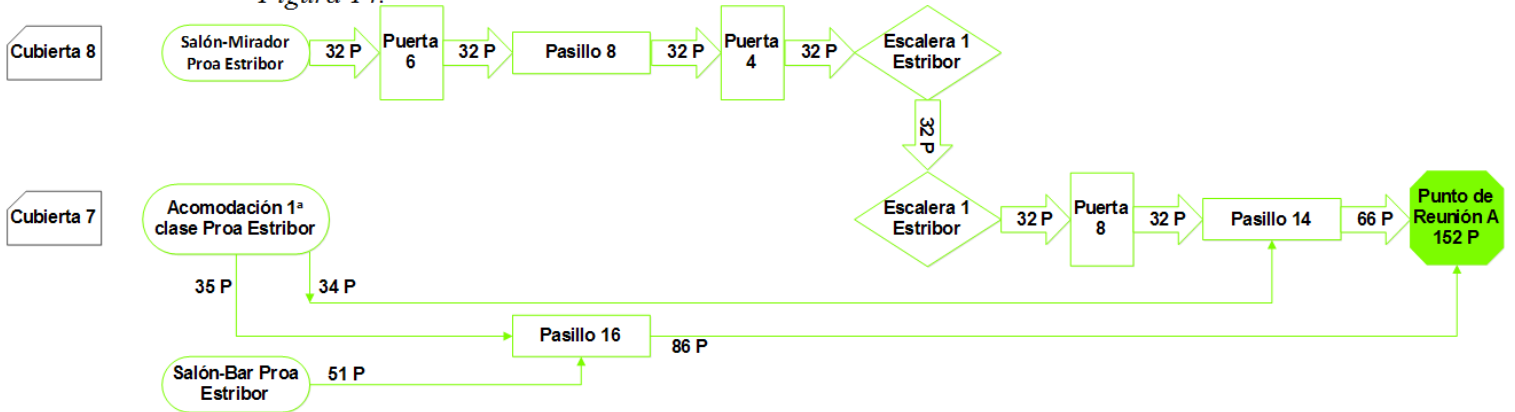




Escalera nº 1 Babor · *Figura 13.*

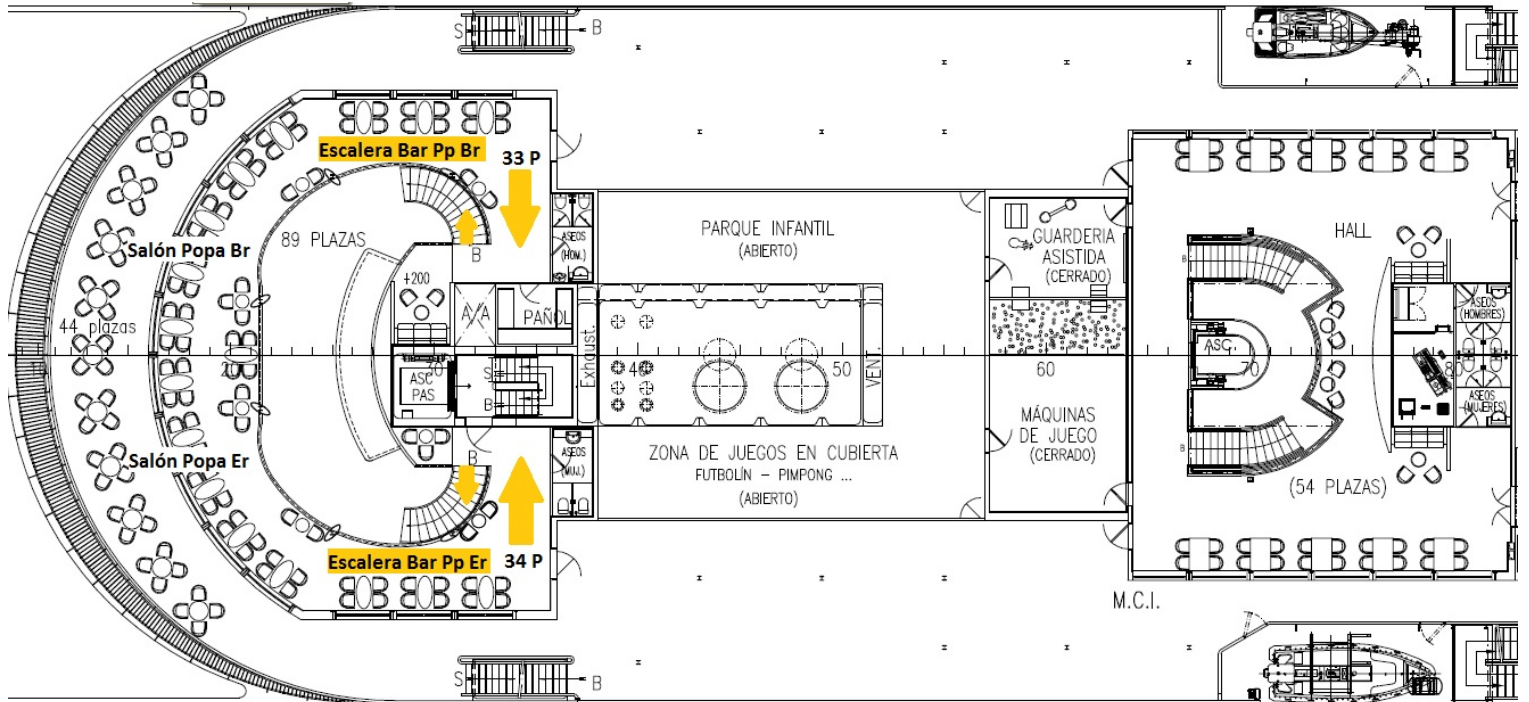


Escalera nº 1 Estribor · *Figura 14.*

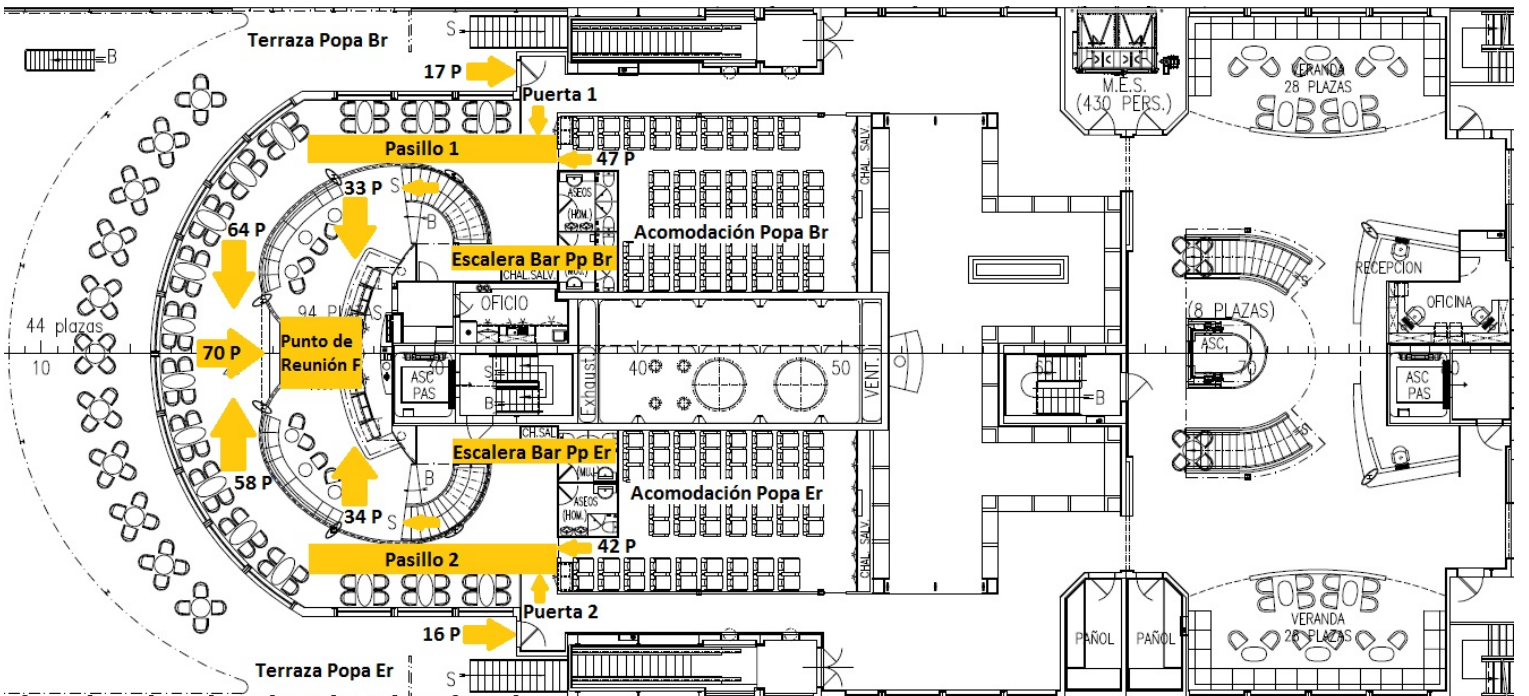


Identificación de las vías de evacuación sobre el plano:

Escaleras Bar Popa Cubierta 8 - Plano 7.

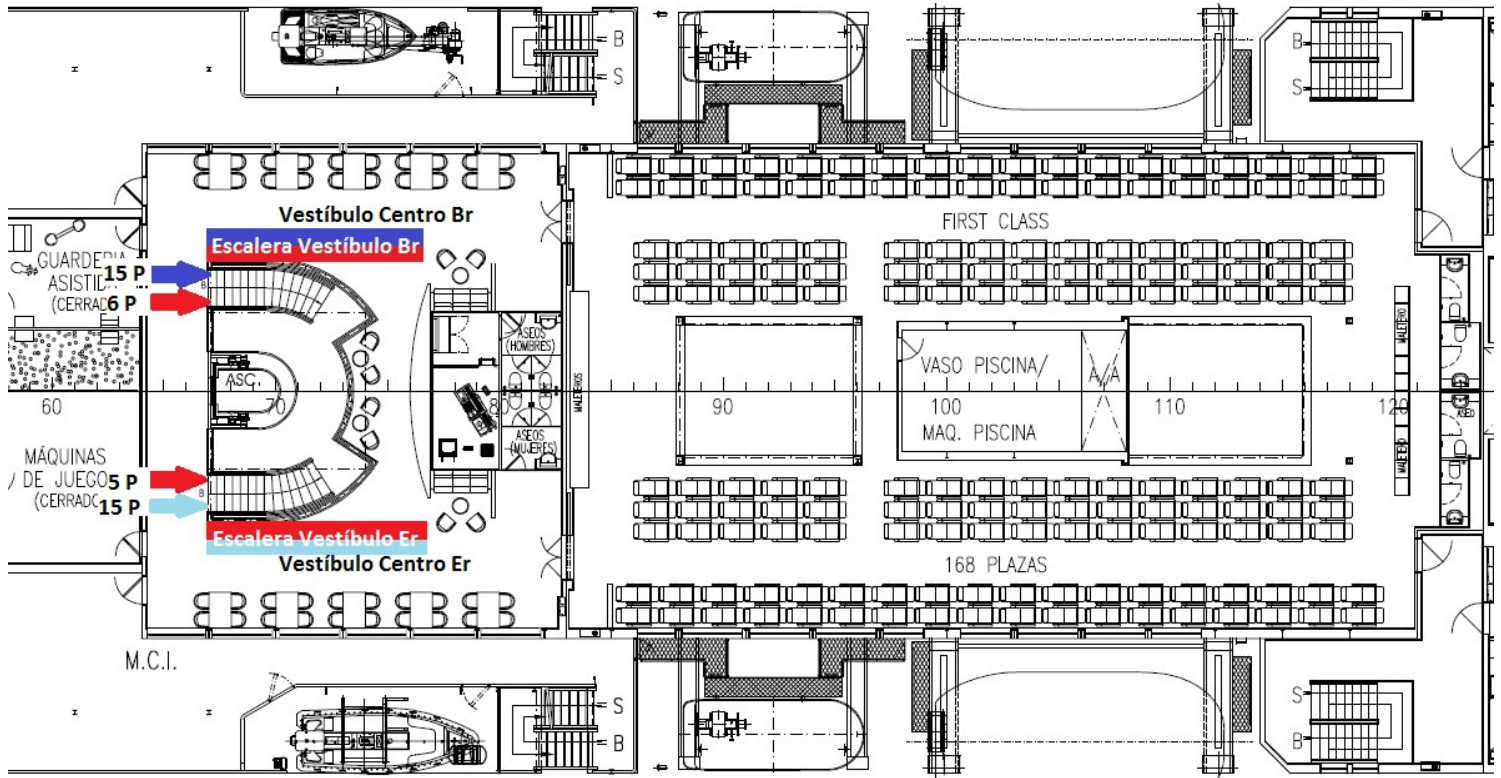


Escaleras Bar Popa Cubierta 7 - Plano 8.

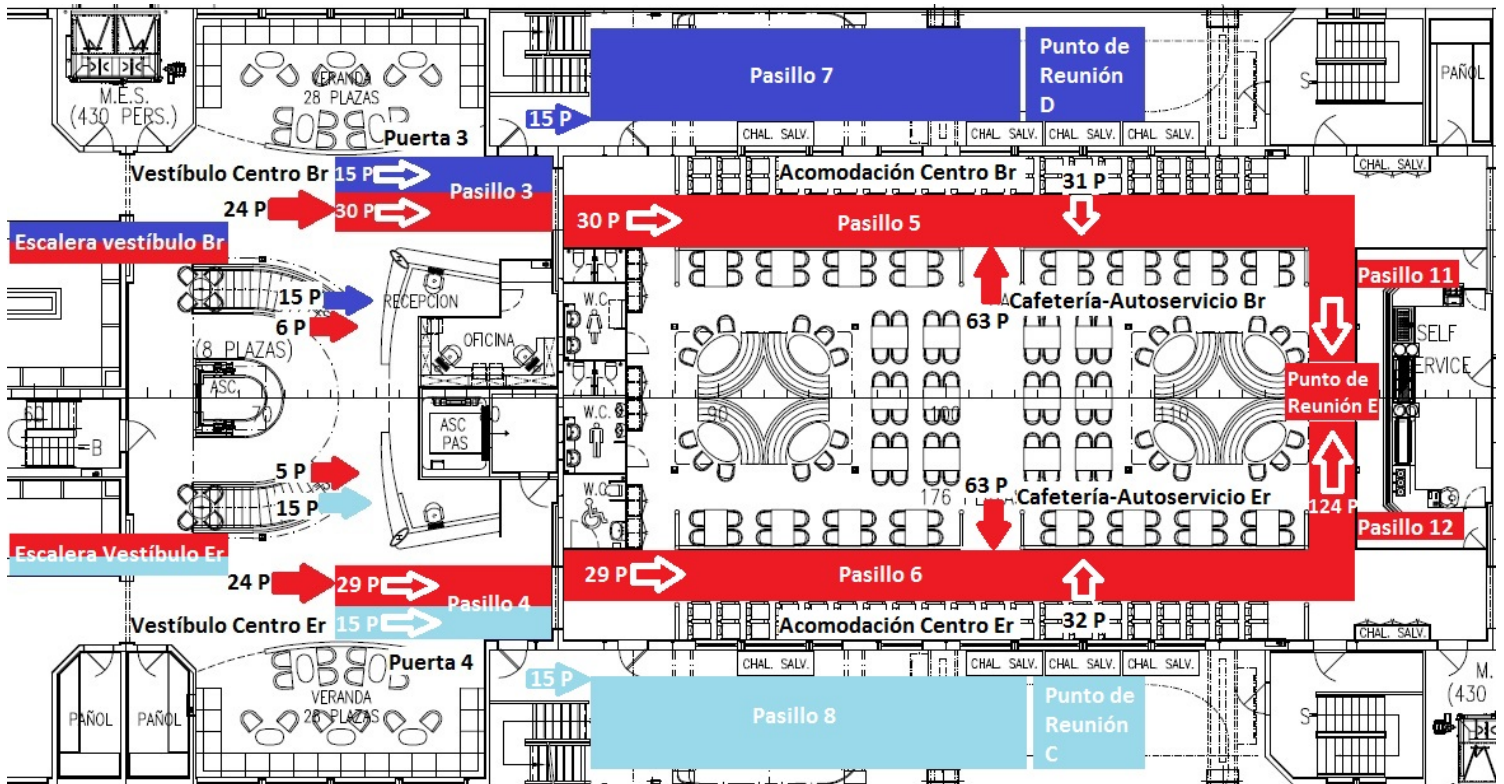




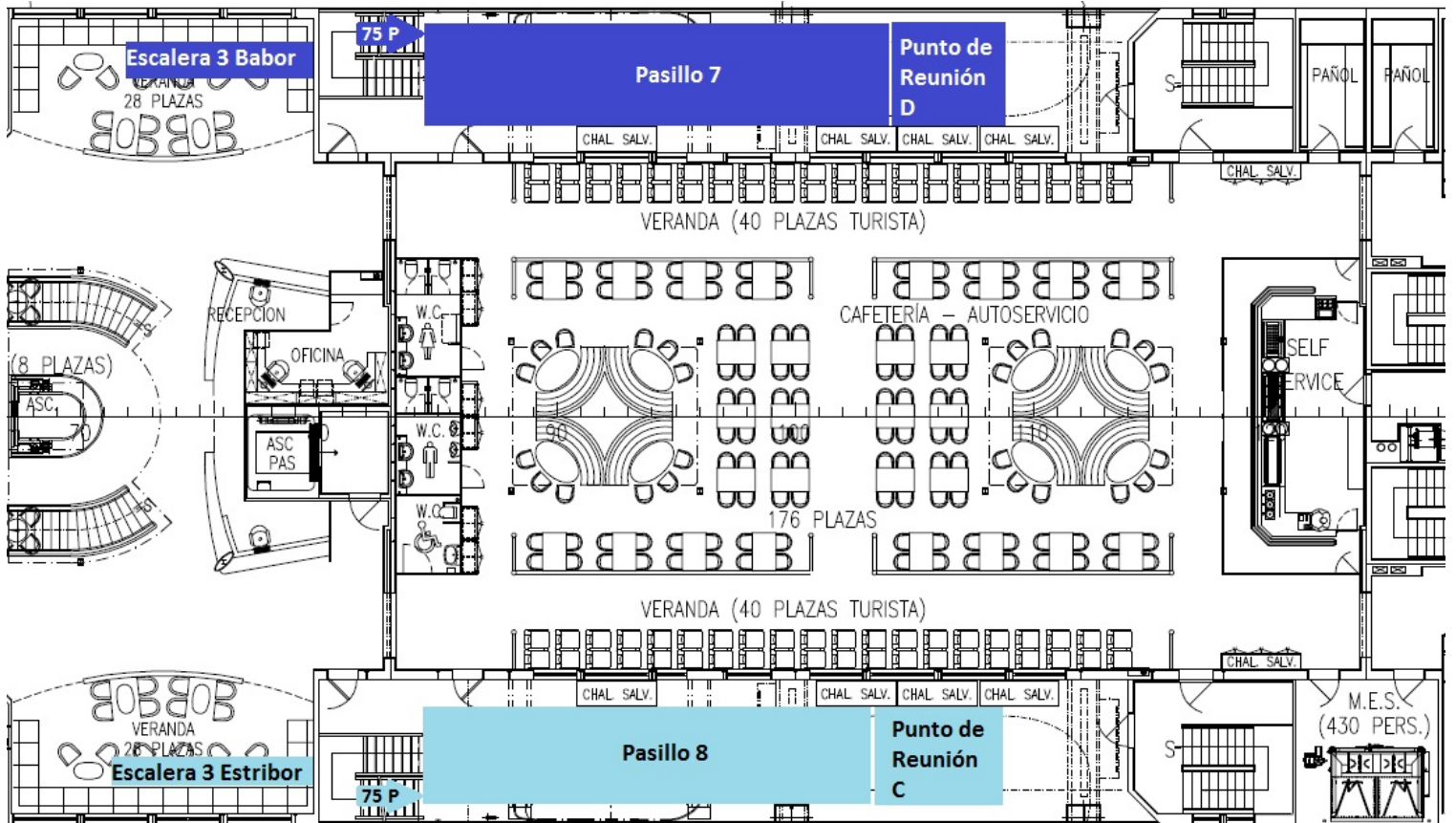
Escaleras Vestíbulo Cubierta 8 - Plano 9.



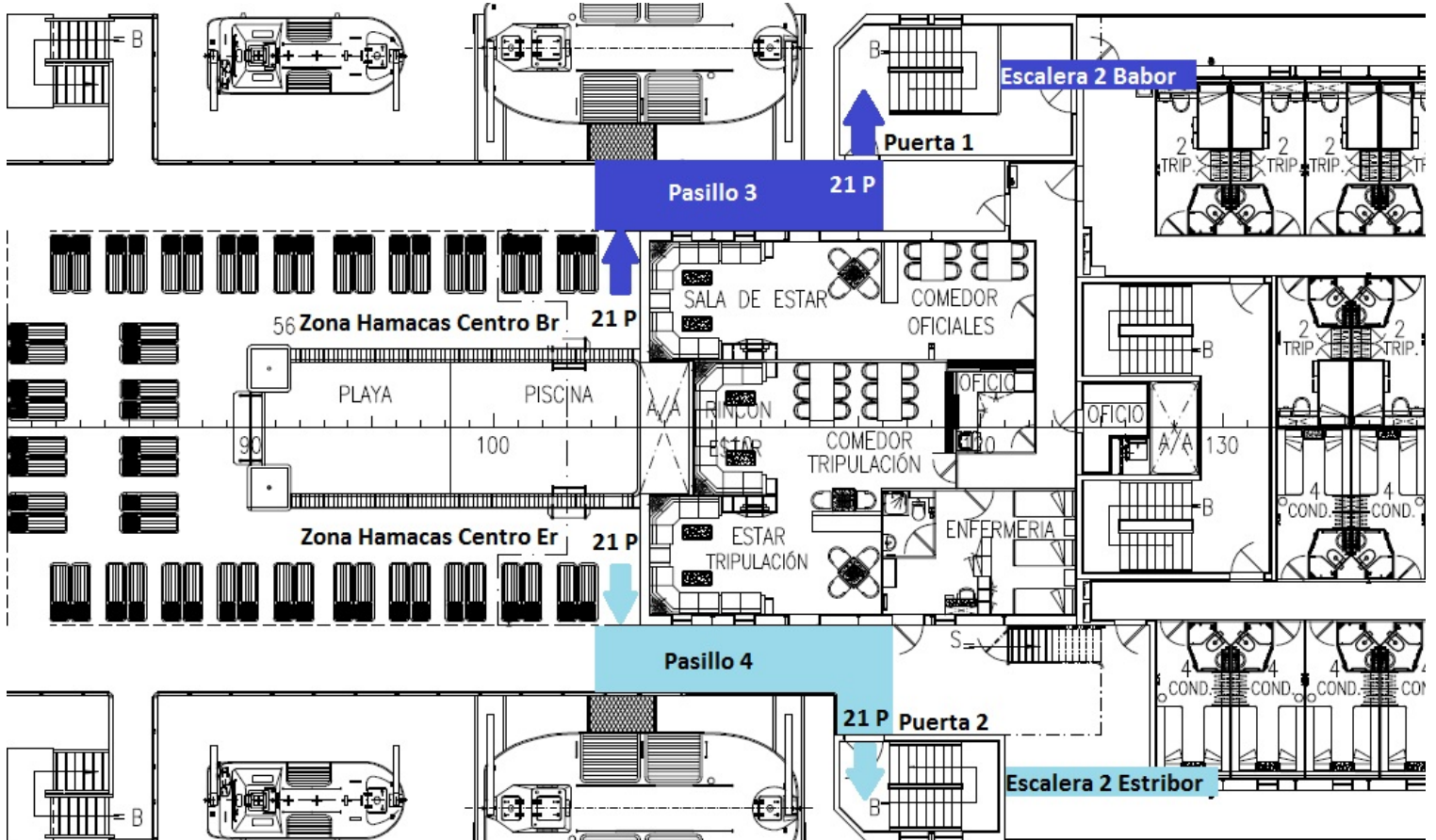
Escaleras Vestíbulo Cubierta 7 - Plano 10.



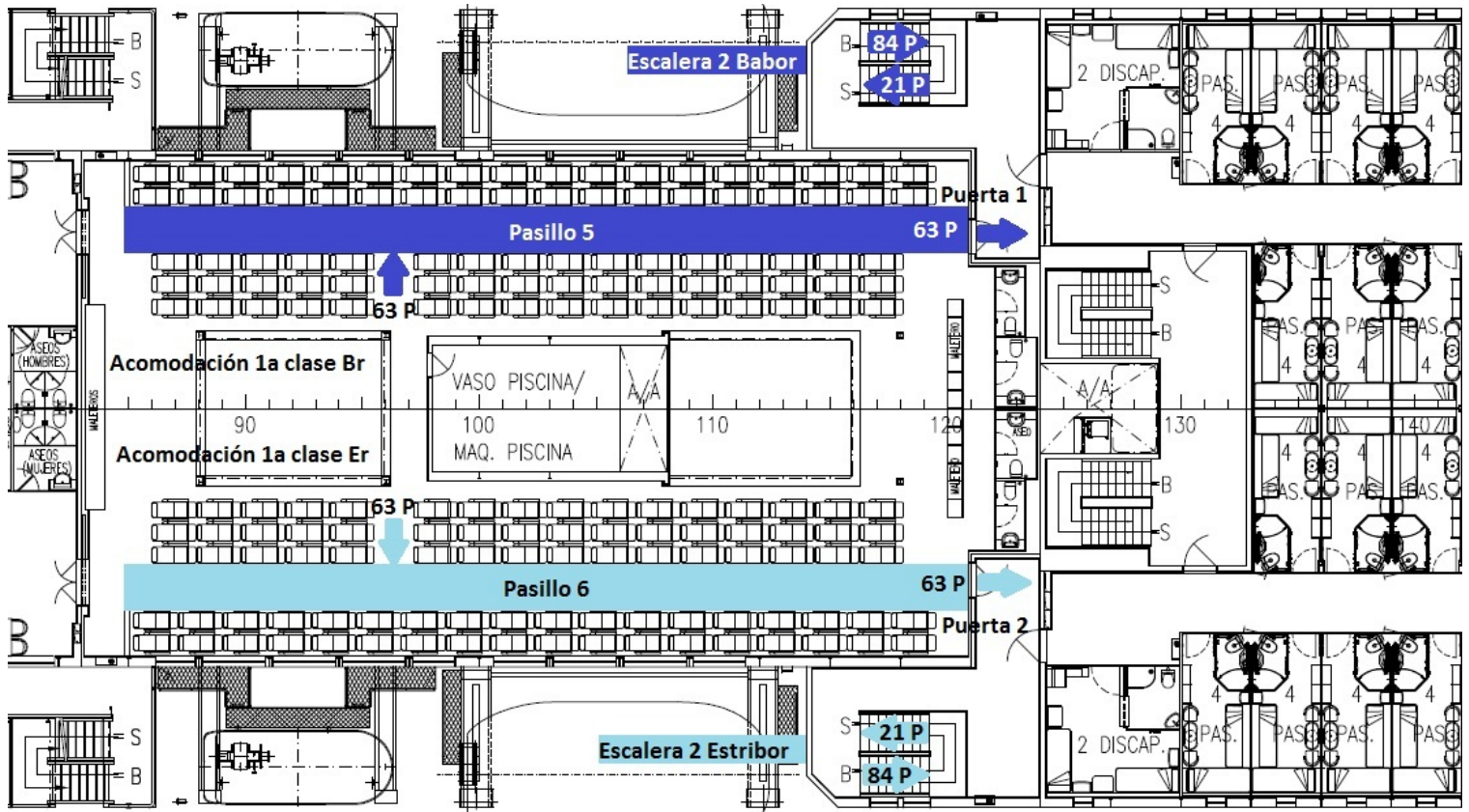
Escaleras 3 Babor y Estribor Cubierta 7 · Plano 13.



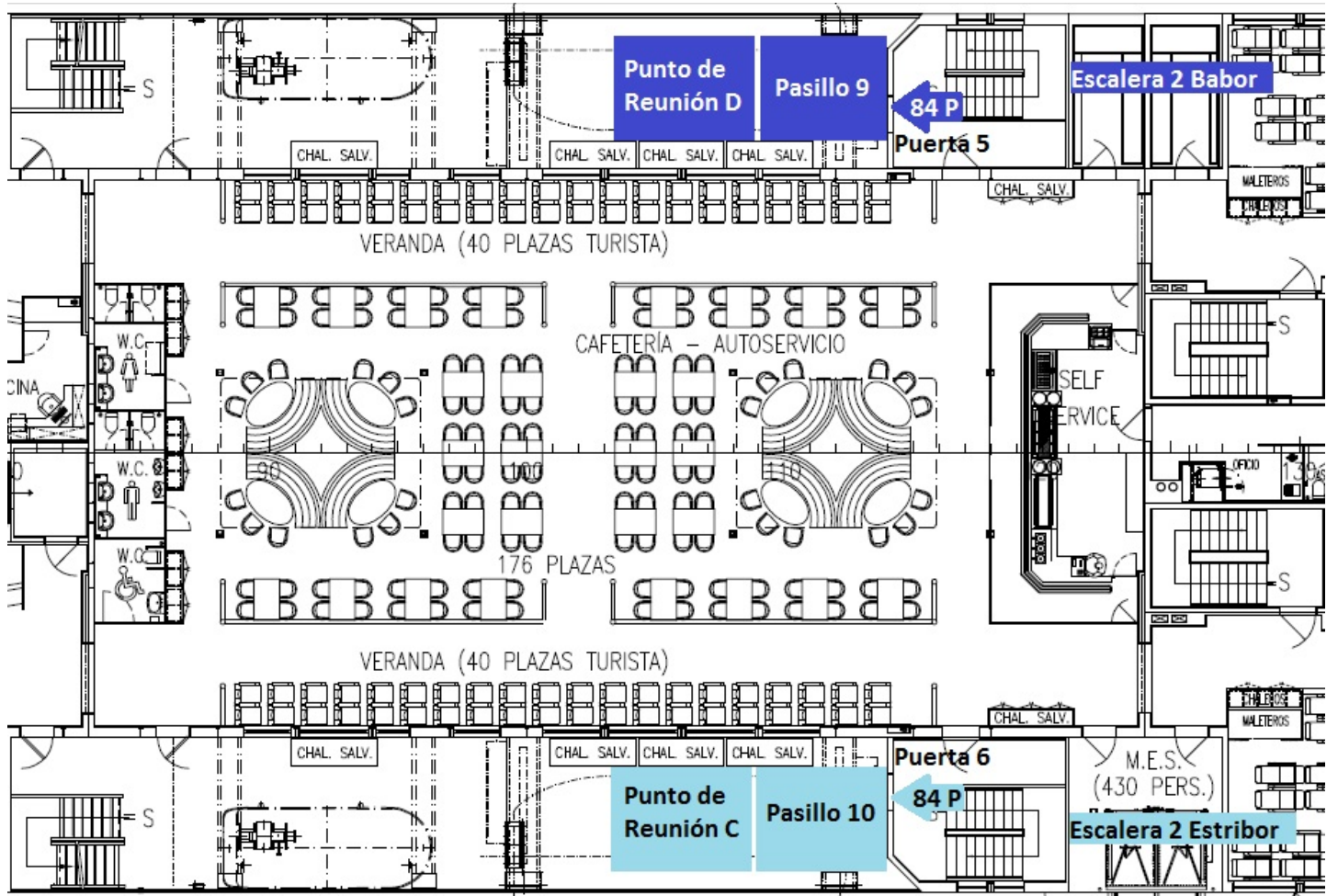
Escaleras 2 Babor y Estribor Cubierta 9 · Plano 14.



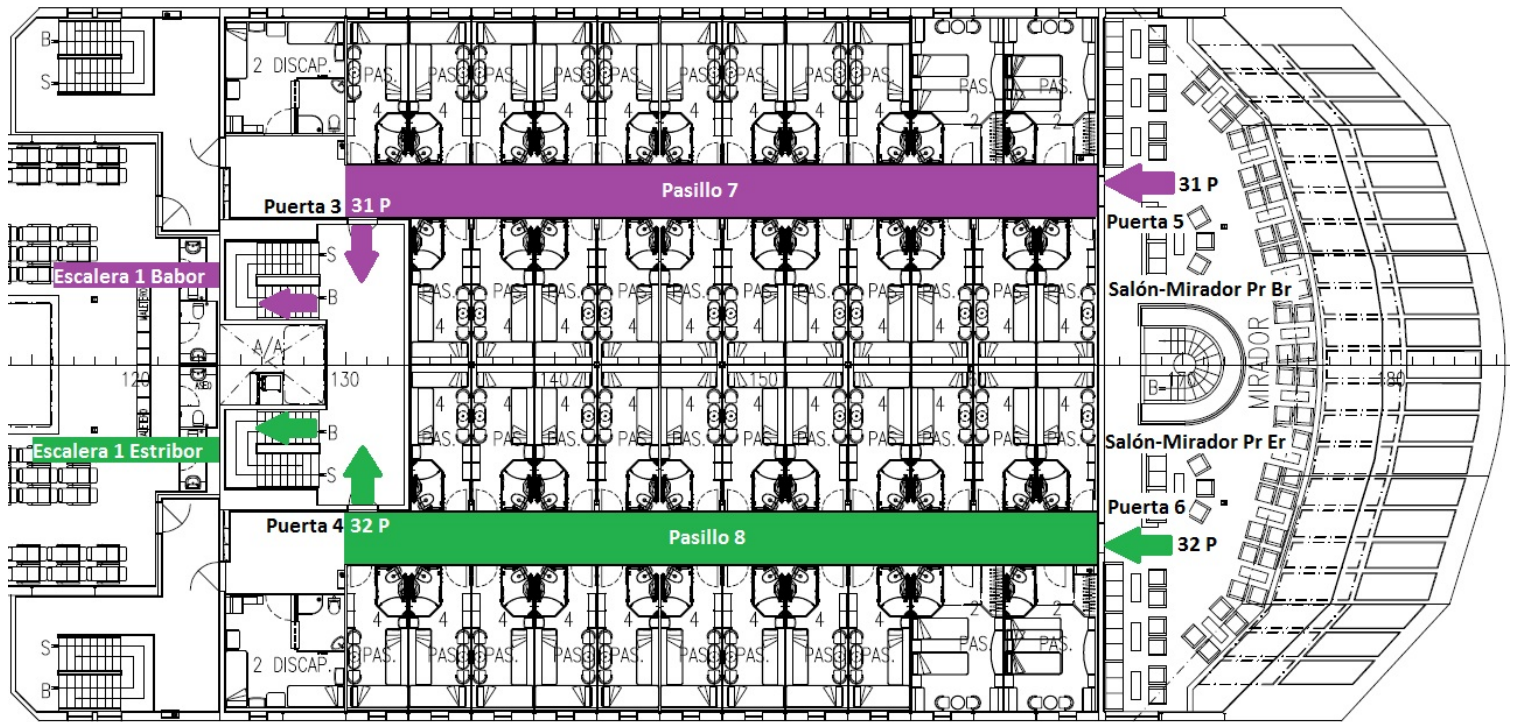
Escaleras 2 Babor y Estribor Cubierta 8 · Plano 15.



Escaleras 2 Babor y Estribor Cubierta 7 · Plano 16.



Escaleras 1 Babor y Estribor Cubierta 8 -Plano 17.



Escaleras 1 Babor y Estribor Cubierta 7 -Plano 18.





Identificación de las vías de evacuación por cubiertas

Las vías de evacuación se identifican para cada una de las cubiertas de pasaje para facilitar su estudio.

1. La cubierta 9 está conectada a la cubierta 8 (y posteriormente con la cubierta 7, donde se encuentran los puestos de reunión) mediante las escaleras 2 Br, 2 Er, 3 Br y 3 Er, situadas en la segunda zona vertical principal, en la zona más a proa y la zona más popa respectivamente. Los pasillos 1 y 2 conectan los espacios públicos de las zonas más a popa con las escaleras 3 Br y 3 Er y los pasillos 3 y 4 conectan, a través de las puertas P1 a babor y P2 a estribor, las zonas públicas de la parte central con las escaleras 2 Br y 2 Er respectivamente.

Las anchuras libres Wc y las longitudes, medidas en el propio buque, son las siguientes, el cálculo de la superficie se obtiene de la multiplicación de la anchura libre y la longitud, por ser todos los espacios de forma geométrica cuadriláteros:

$$\text{Superficie} = Wc \cdot \text{Longitud}$$

Elemento	Wc (anchura libre) [m]	Longitud [m]	Superficie [m ²]	Notas
Pasillo 1	2,050	36,800	75,440	A escalera 3 Br
Pasillo 2	2,050	36,800	75,440	A escalera 3 Er
Pasillo 3	2,050	8,750	17,938	A la puerta 1
Pasillo 4	2,050	10,025	20,551	A la puerta 2
Puerta 1	1	No corresponde	No corresponde	A escalera 2 Br
Puerta 2	1	No corresponde	No corresponde	A escalera 2 Er
Escalera 2 Br	1,125	2,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 8
Escalera 2 Er	1,125	2,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 8
Escalera 3 Br	1,125	1,750	No corresponde	Descenso a la cubierta 8
Escalera 3 Er	1,125	1,750	No corresponde	Descenso a la cubierta 8

· Tabla 5: Anchuras libres, longitudes y superficies cubierta 9.

2. La cubierta 8 está conectada a la cubierta 7, donde se encuentran los puestos de reunión, mediante las escaleras 1 Br y 1 Er situadas en la zona central de la parte más a popa de la tercera zona vertical principal; las escaleras 2 Br, 2 Er, 3 Br y 3 Er, situadas en la segunda zona vertical principal, en la zona más a proa y la zona más popa respectivamente; las escaleras del vestíbulo central Br y Er situadas en el vestíbulo central y las escaleras del bar de popa Br y Er, situadas en la zona del salón de popa.

Los pasillos 1 y 3, 2 y 4 conectan la terraza de popa con las escaleras 3 Br y 3 Er respectivamente. Los pasillos 5 y 6 conectan la zona de acomodación de 1ª clase con las escaleras 2 Br y 2 Er respectivamente, a través de las puertas P1 y P2 respectivamente. Los pasillos 7 y 8 conectan, a través de las puertas P5 y P6 en su



origen y las puertas P3 y P4 en su destino, el salón-mirador de proa con las escaleras 1 Br y 1 Er respectivamente.

Las anchuras libres W_c y las longitudes, medidas en el propio buque, y las superficies respectivas son las siguientes:

Elemento	W_c (anchura libre) [m]	Longitud [m]	Superficie [m ²]	Notas
<i>Pasillo 1</i>	5	21	105	A pasillo 3
<i>Pasillo 2</i>	5	21	105	A pasillo 4
<i>Pasillo 3</i>	1,500	16,500	24,750	A escalera 3 Br
<i>Pasillo 4</i>	1,500	16,500	24,750	A escalera 3 Er
<i>Pasillo 5</i>	1,750	26,875	47,031	A puerta 1
<i>Pasillo 6</i>	1,750	26,875	47,031	A puerta 2
<i>Pasillo 7</i>	2	26,750	53,500	A puerta 3
<i>Pasillo 8</i>	2	26,750	53,500	A puerta 4
<i>Puerta 1</i>	1	No corresponde	No corresponde	A escalera 2 Br
<i>Puerta 2</i>	1	No corresponde	No corresponde	A escalera 2 Er
<i>Puerta 3</i>	1	No corresponde	No corresponde	A escalera 1 Br
<i>Puerta 4</i>	1	No corresponde	No corresponde	A escalera 1 Er
<i>Puerta 5</i>	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 7
<i>Puerta 6</i>	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 8
<i>Escalera 1 Br</i>	1,125	2,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera 1 Er</i>	1,125	2,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera 2 Br</i>	1,125	2,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera 2 Er</i>	1,125	2,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera 3 Br</i>	1,125	1,750	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera 3 Er</i>	1,125	1,750	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera vestíbulo Br</i>	1,125	3,500	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera vestíbulo Er</i>	1,125	3,500	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera bar Pp Br</i>	1,125	3,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 7
<i>Escalera bar Pp Er</i>	1,125	3,250	No corresponde	Descenso a la cubierta 7

· *Tabla 6: Anchuras libres, longitudes y superficies cubierta 8.*

3. La cubierta 7 es la cubierta de los puestos de reunión. En la cubierta 7, las personas procedentes de las cubiertas 7 y 8 entran en los puntos de reunión desde las escaleras respectivas y las personas que moraban la cubierta 7 seguirán las vías de evacuación hasta el punto de reunión respectivo.

Las escaleras del bar de popa de babor y estribor desembocan en el punto de reunión F. Los pasillos 1 y 2 conectan, a través de las puertas P1 y P2 en su inicio, la zona de terraza de popa con el punto de reunión F y también conectan, sin pasar por ninguna puerta, la zona de acomodación de popa con el mismo punto de reunión.

Las escaleras 3 Br y 3 Er desembocan en los pasillos 7 y 8 que las conectan con los puntos de reunión D y C respectivamente.



La escalera del vestíbulo Br desemboca en el pasillo 3, este conecta o, a través de la puerta P3, con el pasillo 7 que conecta con el punto de reunión D, o con el pasillo 5 para posteriormente llega al pasillo 11 que conecta con el punto de reunión E.

La escalera del vestíbulo Er desemboca en el pasillo 4, este conecta o, a través de la puerta P4, con el pasillo 8 que conecta con el punto de reunión C, o con el pasillo 6 para posteriormente llega al pasillo 12 que conecta con en el punto de reunión E.

Las escaleras 2 Br y 2 Er desembocan en las puertas P5 y P6 a través de las cuales se llega a los pasillos 9 y 10 respectivamente que conectan con los puntos de reunión D y C respectivamente.

Las escaleras 1 Br y 1 Er desembocan en las puertas P7 y P8 a través de las cuales se llega a los pasillos 13 y 14 respectivamente que conectan con los puntos de reunión B y A respectivamente. Los pasillos 13 y 14, absorberán además parte del pasaje que more en las acomodaciones de primera clase de babor y estribor.

Los pasillos 15 y 16 conectan la zona del salón bar de proa con los puntos de reunión B y A respectivamente, además absorberán parte del pasaje que more en las acomodaciones de primera clase de babor y estribor.

Las anchuras libres W_c y las longitudes, medidas en el propio buque, y las superficies respectivas son las siguientes:

Elemento	W_c (anchura libre) [m]	Longitud [m]	Superficie [m ²]	Notas
<i>Pasillo 1</i>	1,125	9,125	10,266	A Punto de Reunión F
<i>Pasillo 2</i>	1,125	9,125	10,266	A Punto de Reunión F
<i>Pasillo 3</i>	2	6,750	13,500	A puerta 3 y a pasillo 5
<i>Pasillo 4</i>	2	6,750	13,500	A puerta 4 y pasillo 6
<i>Pasillo 5</i>	1,750	26	45,500	A pasillo 11
<i>Pasillo 6</i>	1,750	26	45,500	A pasillo 12
<i>Pasillo 7</i>	3,200	13,500	43,200	A Punto de Reunión D
<i>Pasillo 8</i>	3,200	13,500	43,200	A Punto de Reunión C
<i>Pasillo 9</i>	3,200	3,400	10,880	A Punto de Reunión D
<i>Pasillo 10</i>	3,200	3,400	10,880	A Punto de Reunión C
<i>Pasillo 11</i>	1,500	3,750	5,625	A Punto de Reunión E
<i>Pasillo 12</i>	1,500	3,750	5,625	A Punto de Reunión E
<i>Pasillo 13</i>	1,700	8,875	15,088	A Punto de Reunión B
<i>Pasillo 14</i>	1,700	8,875	15,088	A Punto de Reunión A
<i>Pasillo 15</i>	1,700	15,500	26,350	A Punto de Reunión B
<i>Pasillo 16</i>	1,700	15,500	26,350	A Punto de Reunión A
<i>Puerta 1</i>	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 1
<i>Puerta 2</i>	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 2



Puerta 3	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 7
Puerta 4	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 8
Puerta 5	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 9
Puerta 6	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 10
Puerta 7	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 13
Puerta 8	1	No corresponde	No corresponde	A pasillo 14
Escalera 1 Br	1,125	2,250	No corresponde	A puerta 7
Escalera 1 Er	1,125	2,250	No corresponde	A puerta 8
Escalera 2 Br	1,125	2,250	No corresponde	A puerta 5
Escalera 2 Er	1,125	2,250	No corresponde	A puerta 6
Escalera 3 Br	1,125	1,750	No corresponde	A pasillo 7
Escalera 3 Er	1,125	1,750	No corresponde	A pasillo 8
Escalera vestíbulo Br	1,125	3,500	No corresponde	A pasillo 3
Escalera vestíbulo Er	1,125	3,500	No corresponde	A pasillo 4
Escalera bar Pp Br	1,125	3,250	No corresponde	A Punto de Reunión F
Escalera bar Pp Er	1,125	3,250	No corresponde	A Punto de Reunión F

· Tabla 7: Anchuras libres, longitudes y superficies cubierta 7.

Hipótesis examinada

Se supone que todas las personas comienzan simultáneamente la evacuación y utilizan las puertas de salida según el flujo específico máximo o que todas las personas se desplazan simultáneamente hacia los pasillos según corresponda.

Se calcula la densidad inicial D para cada pasillo en el que al iniciar el proceso de evacuación se considera que se desplazan las personas según la distribución inicial correspondiente. Para ello se divide el número de personas N desplazadas a cada pasillo entre la superficie de cada pasillo.

$$D = N / \text{superficie}$$

A partir de las densidades iniciales D se calculan los flujos específicos iniciales F_s , mediante interpolación lineal basándose en el cuadro 1.1. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes que es el siguiente:

Tipo de medio	Densidad inicial D (p/m ²)	Flujo específico inicial F_s (p/(ms))
Pasillos	0	0
	0,500	0,650
	1,900	1,300
	3,200	0,650
	≥3,500	0,320

· Tabla 8: Valores del flujo específico inicial como función de la densidad según cuadro 1.1. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes.



Para la interpolación lineal se usa la siguiente fórmula:

$$f(x|x_1; x_2) = f(x_1) + \frac{f(x_2) - f(x_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot (x - x_1)$$

El flujo específico F_s es el número de personas evacuadas que pasa por un punto de la vía de evacuación, por unidad de tiempo y por unidad de anchura libre W_c de la vía correspondiente.

A partir del flujo inicial F_s obtenido, se determina el flujo calculado de personas F_c , que es el número previsto de personas que pasan por un punto en particular de una vía de evacuación por unidad de tiempo. Se obtiene mediante la multiplicación del flujo específico inicial F_s por la anchura libre correspondiente:

$$F_c = F_s \cdot W_c$$

A partir de las densidades iniciales D se calculan las velocidades iniciales de las personas S , mediante interpolación lineal basándose en el cuadro 1.1. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes que es el siguiente:

Tipo de medio	Densidad inicial D (p/m ²)	Velocidad inicial de las personas S (m/s)
Pasillos	0	1,200
	0,500	1,200
	1,900	0,670
	3,200	0,200
	≥3,500	0,100

· Tabla 9: Valores de la velocidad inicial de las personas como función de la densidad según cuadro 1.1. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes.

En las puertas no se puede calcular D porque se considera su superficie en el plano nula. Se considera el flujo inicial F_s como el flujo específico máximo $F_{s_{max}}$ establecido para las puertas, $F_s = 1,3$ reflejado en el cuadro 1.2. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes que es el siguiente:

Tipo de medio	Flujo específico máximo $F_{s_{max}}$ (p/(ms))
Escaleras (descenso)	1,100
Escaleras (ascenso)	0,880
Pasillos	1,300
Umbrales (puertas)	1,300

· Tabla 10: Valores del flujo específico máximo para cada tipo de medio según cuadro 1.2. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes.



Para las puertas no existirá velocidad inicial de las personas ni velocidad alguna por no tener un valor de densidad inicial ni superficie sobre el plano por la que circular.

Las condiciones iniciales pertinentes son las siguientes:

Pasillos y Puertas	Personas	Densidad inicial D (ρ/m^2)	Flujo específico inicial Fs ($\rho/(ms)$)	Flujo calculado Fc (ρ/s)	Velocidad inicial de las personas S (m/s)
<i>Cubierta 7 – pasillo 1</i>	47	4,578	0,320	0,360	0,100
<i>Cubierta 7 – pasillo 2</i>	42	4,091	0,320	0,360	0,100
<i>Cubierta 7 – pasillo 3</i>	24	1,778	1,243	2,487	0,716
<i>Cubierta 7 – pasillo 4</i>	24	1,778	1,243	2,487	0,716
<i>Cubierta 7 – pasillo 5</i>	94	2,066	1,217	2,130	0,6100
<i>Cubierta 7 – pasillo 6</i>	95	2,088	1,206	2,111	0,602
<i>Cubierta 7 – pasillo 13</i>	37	2,452	1,024	1,740	0,470
<i>Cubierta 7 – pasillo 14</i>	34	2,253	1,123	1,910	0,542
<i>Cubierta 7 – pasillo 15</i>	83	3,150	0,675	1,148	0,218
<i>Cubierta 7 – pasillo 16</i>	86	3,264	0,580	0,986	0,179
<i>Cubierta 8 – pasillo 1</i>	16	0,152	0,489	2,443	1,200
<i>Cubierta 8 – pasillo 2</i>	17	0,162	0,493	2,465	1,200
<i>Cubierta 8 – pasillo 5</i>	63	1,340	1,040	1,820	0,882
<i>Cubierta 8 – pasillo 6</i>	63	1,340	1,040	1,820	0,882
<i>Cubierta 9 – pasillo 1</i>	59	0,782	0,781	1,601	1,093
<i>Cubierta 9 – pasillo 2</i>	58	0,769	0,774	1,588	1,098
<i>Cubierta 9 – pasillo 3</i>	21	1,171	0,961	1,971	0,946
<i>Cubierta 9 – pasillo 4</i>	21	1,022	0,892	1,829	1,002
<i>Cubierta 7 – puerta 1</i>	17	No corresponde	1,300	1,300	No corresponde
<i>Cubierta 7 – puerta 2</i>	16	No corresponde	1,300	1,300	No corresponde
<i>Cubierta 8 – puerta 5</i>	31	No corresponde	1,300	1,300	No corresponde
<i>Cubierta 8 – puerta 6</i>	32	No corresponde	1,300	1,300	No corresponde

· *Tabla 11: Condiciones iniciales de distribución de las personas, densidad inicial, flujo específico inicial, flujo calculado y velocidad inicial de las personas.* .



A partir de las condiciones iniciales se procede al estudio de todo el proceso de evacuación, se calcula para cada uno de los puntos de cada vía de evacuación el flujo específico F_s , el flujo calculado F_c y la velocidad de las personas S .

Los puntos en que cambia el tipo o la dimensión de una vía, o puntos en que las vías se unen o ramifican, son denominados transiciones. En una transición, la suma de todos los flujos de salida calculados es igual a la suma de todos los flujos de entrada calculados:

$$\sum F_c (\text{entrada})_i = \sum F_c (\text{salida})_j$$

$$\sum (F_s \cdot W_c) (\text{entrada})_i = \sum (F_s \cdot W_c) (\text{salida})_j$$

Con esta fórmula se calculan los flujos específicos de entrada F_s en cada uno de los puntos de la vía de evacuación o transición.

Para el cálculo de F_s en todos los puntos de la vía de evacuación o transiciones se procede del siguiente modo:

Se calcula el flujo específico de entrada en este punto F_s , se compara F_s con el flujo específico máximo $F_{s_{max}}$ establecido para ese punto de la vía de evacuación, reflejado en el cuadro 1.2. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes (Tabla 10).

El flujo específico F_s de cada punto de la vía de evacuación o transición será el menor de los dos valores F_s o $F_{s_{max}}$.

Para obtener el flujo calculado F_c de cada punto de la vía de evacuación o transición se multiplica el flujo específico F_s obtenido por la anchura libre W_c respectiva.

Para determinar la velocidad de las personas S en cada punto de la vía de evacuación o transición se procede del siguiente modo:

Si el flujo específico F_s no es superior al valor máximo $F_{s_{max}}$ indicado, la velocidad de salida del punto de la vía de evacuación correspondiente S se deriva, como función del flujo específico y el tipo de medio, mediante interpolación lineal a partir del cuadro 1.3, de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes que es el siguiente:



Tipo de medio	Flujo específico F_s (p/(ms))	Velocidad de las personas S (m/s)
Escaleras (descenso)	0	1
	0,540	1
	1,100	0,550
Escaleras (ascenso)	0	0,800
	0,430	0,800
	0,880	0,440
Pasillos	0	1,200
	0,650	1,200
	1,300	0,670

· Tabla 12: Valores de la velocidad de las personas para cada tipo de medio y como función del flujo específico según cuadro 1.3. de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes.

Si valor del flujo específico F_s supera el valor del flujo específico máximo $F_{s_{max}}$ establecido, se formará cola en el punto de la vía de evacuación en cuestión, la velocidad de salida S se obtiene tomando el valor correspondiente a la velocidad del valor del flujo específico máximo $F_{s_{max}}$ en el cuadro 1.3, de la circular 1033 del comité MSC sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes (tabla 12) para el punto de la vía en cuestión.

Escaleras puertas y pasillos	Personas (N)		Flujo específico $F_{s_{in}}$ (p/(ms))	Flujo específico máximo F_s (p/(ms))	Flujo específico F_s (p/(ms))	Flujo calculado F_c (p/s)	Velocidad de las personas S (m/s)	Cola	Observaciones
	Desde la vía actual	Total incluyendo las procedentes de otras vías							
Cubierta 9 – puerta 1	0	21	1,971	1,300	1,300	1,300	No corresponde	Sí	Desde pasillo 3
Cubierta 9 – puerta 2	0	21	1,829	1,300	1,300	1,300	No corresponde	Sí	Desde pasillo 4
Cubierta 9 – Escalera 2 Br	0	21	1,155	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 8, desde pasillo 3 por puerta 1
Cubierta 9 – Escalera 2 Er	0	21	1,155	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 8, desde pasillo 4 por puerta 2
Cubierta 9 – Escalera 3 Br	0	59	1,423	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 8, desde pasillo 1



Cubierta 9 – Escalera 3 Er	0	58	1,412	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 8, desde pasillo 2
Cubierta 8 – pasillo 3	0	16	1,629	1,300	1,300	1,950	0,670	Sí	Desde pasillo 1
Cubierta 8 – pasillo 4	0	17	1,643	1,300	1,300	1,950	0,670	Sí	Desde pasillo 2
Cubierta 8 – pasillo 7	0	31	0,650	1,300	0,650	1,300	1,200		Desde salón-mirador proa por Puerta 5
Cubierta 8 – pasillo 8	0	32	0,650	1,300	0,650	1,300	1,200		Desde salón-mirador proa por Puerta 6
Cubierta 8 – puerta 1	0	63	1,820	1,300	1,300	1,300	No corresponde	Sí	Desde pasillo 5
Cubierta 8 – puerta 2	0	63	1,820	1,300	1,300	1,300	No corresponde	Sí	Desde pasillo 6
Cubierta 8 – puerta 3	0	31	1,300	1,300	1,300	1,300	No corresponde		Desde pasillo 7
Cubierta 8 – puerta 4	0	32	1,300	1,300	1,300	1,300	No corresponde		Desde pasillo 8
Cubierta 8 – Escalera 1 Br	0	31	1,155	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7, desde pasillo 7 por Puerta 3
Cubierta 8 – Escalera 1 Er	0	32	1,155	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7, desde pasillo 8 por Puerta 4
Cubierta 8 – Escalera 2 Br	0	84	2,255	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7, desde pasillo 5 por Puerta 1 y desde cubierta 9
Cubierta 8 – Escalera 2 Er	0	84	2,255	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7, desde pasillo 6 por Puerta 2 y desde cubierta 9
Cubierta 8 – Escalera 3 Br	0	75	2,833	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7, desde pasillo 3 y desde cubierta 9
Cubierta 8 – Escalera 3 Er	0	75	2,833	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7, desde pasillo 4 y desde cubierta 9
Cubierta 8 – Escalera vestíbulo Br	21	21	2,265	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera vestíbulo Er	20	20	2,185	1,100	1,100	1,238	0,550	Sí	Descenso a la cubierta 7



Cubierta 8 – Escalera bar Pp Br	33	33	0,634	1,100	0,634	0,713	0,195		Descenso a la cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera bar Pp Er	34	34	0,527	1,100	0,527	0,593	0,163		Descenso a la cubierta 7
Cubierta 7 – pasillo 1	47	64	1,475	1,300	1,300	1,463	0,670	Sí	Desde Terraza Pp por puerta 1
Cubierta 7 – pasillo 2	42	58	1,475	1,300	1,300	1,463	0,670	Sí	Desde Terraza popa por Puerta 2
Cubierta 7 – pasillo 3	24	45	1,862	1,300	1,300	2,600	0,670	Sí	Desde escalera vestíbulo Br
Cubierta 7 – pasillo 4	24	44	1,862	1,300	1,300	2,600	0,670	Sí	Desde escalera vestíbulo Er
Cubierta 7 – pasillo 5	94	124	2,208	1,300	1,300	2,275	0,670	Sí	Desde pasillo 3
Cubierta 7 – pasillo 6	95	124	2,197	1,300	1,300	2,275	0,670	Sí	Desde pasillo 4
Cubierta 7 – pasillo 7	0	90	0,657	1,300	0,657	2,102	1,194		Desde pasillo 3 por Puerta 3
Cubierta 7 – pasillo 8	0	90	0,657	1,300	0,657	2,102	1,194		Desde pasillo 3 por Puerta 4
Cubierta 7 – pasillo 9	0	84	0,387	1,300	0,387	1,238	1,200		Desde cubierta 8 y 9 por escalera 2 Br y por Puerta 5
Cubierta 7 – pasillo 10	0	84	0,387	1,300	0,387	1,238	1,200		Desde cubierta 8 y 9 por escalera 2 Er y por Puerta 6
Cubierta 7 – pasillo 11	0	124	1,516	1,300	1,300	1,950	0,670	Sí	Desde pasillo 5
Cubierta 7 – pasillo 12	0	124	1,516	1,300	1,300	1,950	0,670	Sí	Desde pasillo 6
Cubierta 7 – pasillo 13	37	68	1,752	1,300	1,300	2,210	0,670	Sí	Desde cubierta 8 y 9 por escalera 1 Er, por Puerta 7
Cubierta 7 – pasillo 14	34	66	1,851	1,300	1,300	2,210	0,670	Sí	Desde cubierta 8 y 9 por escalera 1 Br, por Puerta 8
Cubierta 7 – puerta 3	0	15	0,866	1,300	0,866	0,866	No corresponde		Desde pasillo 3
Cubierta 7 – puerta 4	0	15	0,866	1,300	0,866	0,866	No corresponde		Desde pasillo 4



Cubierta 7 – puerta 5	0	84	1,238	1,300	1,238	1,238	No corresponde	Desde cubierta 8 y 9 por escalera 2 Br
Cubierta 7 – puerta 6	0	84	1,238	1,300	1,238	1,238	No corresponde	Desde cubierta 8 y 9 por escalera 2 Er
Cubierta 7 – puerta 7	0	31	1,238	1,300	1,238	1,238	No corresponde	Desde cubierta 8 y 9 por escalera 1 Br
Cubierta 7 – puerta 8	0	32	1,238	1,300	1,238	1,238	No corresponde	Desde cubierta 8 y 9 por escalera 1 Er
Cubierta 7 – Escalera 1 Br	0	31	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8
Cubierta 7 – Escalera 1 Er	0	32	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8
Cubierta 7 – Escalera 2 Br	0	84	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8 y 9
Cubierta 7 – Escalera 2 Er	0	84	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8 y 9
Cubierta 7 – Escalera 3 Br	0	75	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8 y 9
Cubierta 7 – Escalera 3 Er	0	75	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8 y 9
Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Br	0	21	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8
Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Er	0	20	1,100	1,100	1,100	1,238	0,550	Desde cubierta 8
Cubierta 7 – Escalera bar Pp Br	0	33	0,634	1,100	0,634	0,713	0,925	Desde cubierta 8
Cubierta 7 – Escalera bar Pp Er	0	34	0,527	1,100	0,527	0,593	1	Desde cubierta 8

· Tabla 13: Relación del número de personas y flujo específico máximo y cálculos del flujo específico de entrada, flujo específico, flujo calculado, velocidad de las personas y formación o no de cola para cada punto de todas las vías de evacuación del buque Martín i Soler.

Cálculo de t_F , t_{cubierta} y t_{escalera}

El tiempo de flujo t_F es el tiempo total necesario para que un número N de personas pasen por un punto del sistema de salida, y se calcula de la siguiente manera:

$$t_F = N / F_C$$



El tiempo de desplazamiento se define como la relación longitud/velocidad tanto para tramos de pasillos como de escaleras. Se definen t_{cubierta} y t_{escalera} .

t_{cubierta} es el tiempo de desplazamiento necesario para trasladarse desde el punto más lejano de la vía de evacuación de una cubierta hasta la escalera.

t_{escalera} es tiempo de desplazamiento por la escalera de la vía de evacuación hasta el puesto de embarco.

Elemento	Personas N	Longitud L (m)	Flujo calculado F_c (p/s)	Velocidad S (m/s)	Tiempo de flujo t_f (s) $t_f = N/F_c$	Tiempo de desplazamiento en cubiertas o escaleras t_{cubierta} y t_{escalera} $t = L/S$	Ingreso
Cubierta 9 – pasillo 1	59	36,800	9,125	1,093	6,466	33,669	Escalera 3 Br
Cubierta 9 – pasillo 2	58	36,800	9,125	1,098	6,356	33,515	Escalera 3 Er
Cubierta 9 – pasillo 3	21	8,750	6,750	0,946	3,111	9,249	Puerta 1
Cubierta 9 – pasillo 4	21	10,025	6,750	1,002	3,111	10,005	Puerta 2
Cubierta 9 – puerta 1	21	No corresponde	1,300	No corresponde	16,154	No corresponde	Escalera 2 Br
Cubierta 9 – puerta 2	21	No corresponde	1,300	No corresponde	16,154	No corresponde	Escalera 2 Er
Cubierta 9 – Escalera 2 Br	21	2,250	1,238	0,550	16,963	4,091	Cubierta 8
Cubierta 9 – Escalera 2 Er	21	2,250	1,238	0,550	16,963	4,091	Cubierta 8
Cubierta 9 – Escalera 3 Br	59	1,750	1,238	0,550	47,658	3,182	Cubierta 8
Cubierta 9 – Escalera 3 Er	58	1,750	1,238	0,550	46,850	3,182	Cubierta 8
Cubierta 8 – pasillo 1	16	21	2,443	1,200	6,549	17,50	Pasillo 3
Cubierta 8 – pasillo 2	17	21	2,465	1,200	6,897	17,50	Pasillo 4
Cubierta 8 – pasillo 3	16	16,500	1,238	0,670	12,924	24,627	Escalera 3 Br
Cubierta 8 – pasillo 4	17	16,500	1,238	0,670	13,732	24,627	Escalera 3 Er
Cubierta 8 – pasillo 5	63	26,875	1,820	0,882	34,615	30,471	Puerta 1
Cubierta 8 – pasillo 6	63	26,875	1,820	0,882	34,615	30,471	Puerta 2
Cubierta 8 – pasillo 7	31	26,750	1,300	1,200	23,846	22,292	Puerta 3



Cubierta 8 – pasillo 8	32	26,750	1,300	1,200	24,615	22,292	Puerta 4
Cubierta 8 – puerta 1	63	No corresponde	1,300	No corresponde	48,462	No corresponde	Escalera 2 Br
Cubierta 8 – puerta 2	63	No corresponde	1,300	No corresponde	48,462	No corresponde	Escalera 2 Er
Cubierta 8 – puerta 3	31	No corresponde	1,300	No corresponde	23,846	No corresponde	Escalera 1 Br
Cubierta 8 – puerta 4	32	No corresponde	1,300	No corresponde	24,615	No corresponde	Escalera 1 Er
Cubierta 8 – puerta 5	31	No corresponde	1,300	No corresponde	23,846	No corresponde	Pasillo 7
Cubierta 8 – puerta 6	32	No corresponde	1,300	No corresponde	24,615	No corresponde	Pasillo 8
Cubierta 8 – Escalera 1 Br	31	2,250	1,238	0,550	25,040	4,091	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera 1 Er	32	2,250	1,238	0,550	25,848	4,091	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera 2 Br	84	2,250	1,238	0,550	67,851	4,091	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera 2 Er	84	2,250	1,238	0,550	67,851	4,091	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera 3 Br	75	1,750	1,238	0,550	60,582	3,182	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera 3 Er	75	1,750	1,238	0,550	60,582	3,182	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera vestíbulo Br	21	3,500	1,238	0,550	16,963	6,364	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera vestíbulo Er	20	3,500	1,238	0,550	16,155	6,364	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera bar Pp Br	33	3,250	0,713	0,195	46,283	16,667	Cubierta 7
Cubierta 8 – Escalera bar Pp Er	34	3,250	0,593	0,163	57,336	19,939	Cubierta 7
Cubierta 7 – pasillo 1	64	9,125	1,463	0,670	43,746	13,619	Punto de Reunión F
Cubierta 7 – pasillo 2	58	9,125	1,463	0,670	39,645	13,619	Punto de Reunión F
Cubierta 7 – pasillo 3	45	6,750	2,600	0,670	17,308	10,075	Puerta 3 o pasillo 5
Cubierta 7 – pasillo 4	44	6,750	2,600	0,670	16,923	10,075	Puerta 4 o pasillo 6
Cubierta 7 – pasillo 5	124	26	2,275	0,670	54,506	38,806	Pasillo 11
Cubierta 7 – pasillo 6	124	26	2,275	0,670	54,506	38,806	Pasillo 12



Cubierta 7 – pasillo 7	90	13,500	2,102	1,194	42,816	11,307	Punto de Reunión D
Cubierta 7 – pasillo 8	90	13,500	2,102	1,194	42,816	11,307	Punto de Reunión C
Cubierta 7 – pasillo 9	84	3,400	1,238	1,200	67,851	2,833	Punto de Reunión D
Cubierta 7 – pasillo 10	84	3,400	1,238	1,200	67,851	2,833	Punto de Reunión C
Cubierta 7 – pasillo 11	124	3,750	1,950	0,670	63,590	5,597	Punto de Reunión E
Cubierta 7 – pasillo 12	124	3,750	1,950	0,670	63,590	5,597	Punto de Reunión E
Cubierta 7 – pasillo 13	68	8,875	2,210	0,670	30,769	13,246	Punto de Reunión B
Cubierta 7 – pasillo 14	66	8,875	2,210	0,670	29,864	13,246	Punto de Reunión A
Cubierta 7 – pasillo 15	83	15,500	1,148	0,218	72,300	71,101	Punto de Reunión B
Cubierta 7 – pasillo 16	86	15,500	0,986	0,179	87,221	86,592	Punto de Reunión A
Cubierta 7 – puerta 1	17	No corresponde	1,300	No corresponde	13,077	No corresponde	Pasillo 1
Cubierta 7 – puerta 2	16	No corresponde	1,300	No corresponde	12,308	No corresponde	Pasillo 2
Cubierta 7 – puerta 3	15	No corresponde	0,866	No corresponde	17,321	No corresponde	Pasillo 7
Cubierta 7 – puerta 4	15	No corresponde	0,866	No corresponde	17,321	No corresponde	Pasillo 8
Cubierta 7 – puerta 5	84	No corresponde	1,238	No corresponde	67,851	No corresponde	Pasillo 9
Cubierta 7 – puerta 6	84	No corresponde	1,238	No corresponde	67,851	No corresponde	Pasillo 10
Cubierta 7 – puerta 7	31	No corresponde	1,238	No corresponde	25,040	No corresponde	Pasillo 13
Cubierta 7 – puerta 8	32	No corresponde	1,238	No corresponde	25,848	No corresponde	Pasillo 14
Cubierta 7 – Escalera 1 Br	31	2,250	1,238	0,550	25,040	4,091	Puerta 7
Cubierta 7 – Escalera 1 Er	32	2,250	1,238	0,550	25,848	4,091	Puerta 8
Cubierta 7 – Escalera 2 Br	84	2,250	1,238	0,550	67,851	4,091	Puerta 5
Cubierta 7 – Escalera 2 Er	84	2,250	1,238	0,550	67,851	4,091	Puerta 6
Cubierta 7 – Escalera 3 Br	75	1,750	1,238	0,550	60,582	3,182	Pasillo 7
Cubierta 7 – Escalera 3 Er	75	1,750	1,238	0,550	60,582	3,182	Pasillo 8



Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Br	21	3,500	1,238	0,550	16,963	6,364	Pasillo 3
Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Er	20	3,500	1,238	0,550	16,155	6,364	Pasillo 4
Cubierta 7 – Escalera bar Pp Br	33	3,250	0,713	0,925	46,283	3,514	Punto de Reunión F
Cubierta 7 – Escalera bar Pp Er	34	3,250	0,593	1	57,336	3,250	Punto de Reunión F

· Tabla 14: Relación del número de personas, longitud, flujo calculado, velocidad y cálculos del tiempo de flujo y tiempo de desplazamiento para cada punto de todas las vías de evacuación del buque Martín i Soler.

El cálculo de t_f se debe realizar para cada cubierta, se toma como t_f el mayor de los correspondientes a cada tramo de la vía de evacuación.

Para la cubierta 9 tenemos un $t_f = 47,658$ segundos.

Para la cubierta 8 tenemos un $t_f = 67,851$ segundos.

Para la cubierta 7 tenemos un $t_f = 87,221$ segundos.

El cálculo de $t_{cubierta}$ se debe realizar para cada cubierta; dado que se presume que las personas se desplazan paralelamente en cada cubierta hasta la escalera asignada. Para cada cubierta se toma como $t_{cubierta}$ predominante el valor mayor de $t_{cubierta}$.

Con respecto a los distintos tramos de la vía de evacuación, se deben sumar los tiempos de desplazamiento si se utilizan dichos tramos en serie; de lo contrario, se toma el mayor de tales tiempos.

Cubierta 9:

Trayecto hasta escalera	Tiempo desplazamiento (s)	$T_{cubierta}$ (s)
Pasillo 1	33,669	33,669
Pasillo 2	33,515	33,515
Pasillo 3 + Puerta 1	9,249 + 0	9,249
Pasillo 4 + Puerta 2	10,005 + 0	10,005

· Tabla 15: Tiempos de cubierta para cubierta 9.

Para la cubierta 9 tenemos un $t_{cubierta} = 33,669$ segundos.

Cubierta 8:

Trayecto hasta escalera	Tiempo desplazamiento (s)	$T_{cubierta}$ (s)
Pasillo 1 + Pasillo 3	17,50 + 24,627	42,127
Pasillo 2 + Pasillo 4	17,50 + 24,627	42,127



Pasillo 5 + Puerta 1	30,471 + 0	30,471
Pasillo 6 + Puerta 2	30,471 + 0	30,471
Puerta 5 + Pasillo 7 + Puerta 3	0 + 22,292 + 0	22,292
Puerta 6 + Pasillo 8 + Puerta 4	0 + 22,292 + 0	22,292

· Tabla 16: Tiempos de cubierta para cubierta 8.

Para la cubierta 8 tenemos un $t_{cubierta} = 42,127$ segundos.

Cubierta 7:

Para la cubierta 7 tenemos un $t_{cubierta} = 0$ segundos.

Esto es debido a que en esta cubierta el flujo de personas se desplaza desde las escaleras hasta los puntos de reunión, siendo el tiempo de desplazamiento empleado el tiempo de reunión.

El cálculo de $t_{escalera}$ se debe realizar para cada cubierta, el tiempo total de desplazamiento por la escalera, $t_{escalera}$, es la suma de los tiempos de desplazamiento correspondientes a todos los tramos de escalera que conectan la cubierta con la cubierta de embarco.

	ESCALERA	TIEMPO DESPLAZAMIENTO (s)	$t_{escalera}$ (s)
CUBIERTA 9	Escalera 2 Br	4,091	14,546
	Escalera 2 Er	4,091	
	Escalera 3 Br	3,182	
	Escalera 3 Er	3,182	
CUBIERTA 8	Escalera 1 Br	4,091	72,062
	Escalera 1 Er	4,091	
	Escalera 2 Br	4,091	
	Escalera 2 Er	4,091	
	Escalera 3 Br	3,182	
	Escalera 3 Er	3,182	
	Escalera Vestibulo Br	6,364	
	Escalera Vestibulo Er	6,364	
	Escalera bar Pp Br	16,667	
	Escalera bar Pp Er	19,939	
CUBIERTA 7	Escalera 1 Br	4,091	42,220
	Escalera 1 Er	4,091	
	Escalera 2 Br	4,091	
	Escalera 2 Er	4,091	
	Escalera 3 Br	3,182	
	Escalera 3 Er	3,182	
	Escalera Vestibulo Br	6,364	
	Escalera Vestibulo Er	6,364	
	Escalera bar Pp Br	3,514	
	Escalera bar Pp Er	3,250	

· Tabla 17: Tiempos de escalera para cubiertas 9, 8 y 7.



Para la cubierta 9 tenemos un $t_{escalera} = 14,546$ segundos.

Para la cubierta 8 tenemos un $t_{escalera} = 72,062$ segundos.

Para la cubierta 7 tenemos un $t_{escalera} = 42,220$ segundos.

Calculo de $t_{reunión}$

El tiempo de reunión es el tiempo de desplazamiento necesario para trasladarse desde el final de la escalera hasta la entrada al puesto de reunión en la cubierta de los puestos de reunión, la cubierta 7.

Para ello se sumaran, para cada trayecto hacia los puestos de reunión, todos los tiempos de desplazamiento de todos los puntos de la vía de evacuación.

Elemento	Personas N	Tiempo de desplazamiento (s) $t_{reunión}$	Ingreso
<i>Cubierta 7 – puerta 1</i>	17	No corresponde	Puesto de reunión F
<i>Cubierta 7 – pasillo 1</i>	64	13,619	
TOTAL	81	13,619	
<i>Cubierta 7 – Escalera bar Pp Br</i>	33	3,514	Puesto de reunión F
TOTAL	33	3,514	
<i>Cubierta 7 – Escalera bar Pp Er</i>	34	3,250	Puesto de reunión F
TOTAL	34	3,250	
<i>Cubierta 7 – puerta 2</i>	16	No corresponde	Puesto de reunión F
<i>Cubierta 7 – pasillo 2</i>	58	13,619	
TOTAL	74	13,619	
<i>Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Br</i>	6	6,364	Punto de reunión E
<i>Cubierta 7 – pasillo 3</i>	30	10,075	
<i>Cubierta 7 – pasillo 5</i>	124	38,806	
<i>Cubierta 7 – pasillo 11</i>	124	5,597	
TOTAL	284	60,842	



<i>Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Er</i>	5	6,364	Punto de reunión E
<i>Cubierta 7 – pasillo 4</i>	29	10,075	
<i>Cubierta 7 – pasillo 6</i>	124	38,806	
<i>Cubierta 7 – pasillo 12</i>	124	5,597	
TOTAL	282	60,842	
<i>Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Br</i>	15	6,364	Punto de reunión D
<i>Cubierta 7 – pasillo 3</i>	15	10,075	
<i>Cubierta 7 – puerta 3</i>	15	No corresponde	
<i>Cubierta 7 – Escalera 3 Br</i>	75	3,182	
<i>Cubierta 7 – pasillo 7</i>	90	11,307	
TOTAL	210	30,928	
<i>Cubierta 7 – Escalera 2 Br</i>	84	4,091	Punto de reunión D
<i>Cubierta 7 – puerta 5</i>	84	No corresponde	
<i>Cubierta 7 – pasillo 9</i>	84	2,833	
TOTAL	252	6,924	
<i>Cubierta 7 – Escalera vestíbulo Er</i>	15	6,364	Punto de reunión C
<i>Cubierta 7 – pasillo 4</i>	15	10,075	
<i>Cubierta 7 – puerta 3</i>	15	No corresponde	
<i>Cubierta 7 – Escalera 3 Br</i>	75	3,182	
<i>Cubierta 7 – pasillo 8</i>	90	11,307	
TOTAL	210	30,928	
<i>Cubierta 7 – Escalera 2 Er</i>	84	4,091	Punto de reunión C
<i>Cubierta 7 – puerta 6</i>	84	No corresponde	
<i>Cubierta 7 – pasillo 10</i>	84	2,833	
TOTAL	252	6,924	



Cubierta 7 – Escalera 1 Br	31	4,091	Punto de reunión B
Cubierta 7 – puerta 7	31	No corresponde	
Cubierta 7 – pasillo 13	68	13,246	
TOTAL	130	17,337	
Cubierta 7 – pasillo 15	83	71,101	Punto de reunión B
Cubierta 7 – Escalera 1 Er	32	4,091	Punto de reunión B
Cubierta 7 – puerta 8	32	No corresponde	
Cubierta 7 – pasillo 14	66	13,246	
TOTAL	213	88,438	
Cubierta 7 – pasillo 16	86	86,592	Punto de reunión B
TOTAL	86	86,592	

· Tabla 18: Cálculo de tiempos de reunión para la cubierta 7.

Se toma como $t_{reunion}$ predominante el valor mayor de todos los $t_{reunion}$ de los trayectos respectivos hacia los puestos de reunión.

Tenemos un $t_{reunion} = 88,438$ segundos.

Cálculo de t_i

El tiempo total de desplazamiento t_i es el tiempo empleado para cruzar una vía de evacuación hasta el puesto de reunión asignado. Se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$t_i = t_F + t_{cubierta} + t_{escalera} + t_{reunion}$$

El cálculo del tiempo total de desplazamiento t_i se debe realizar para todas las cubiertas.

Vía de evacuación	$t_{cubierta}$	t_f	$t_{escalera}$	$t_{reunión}$	t_i
Cubierta 9	33,669	47,658	14,546	88,438	184,311
Cubierta 8	42,127	67,851	72,062	88,438	270,478
Cubierta 7	0	87,221	42,220	88,438	217,879

· Tabla 19: Cálculo del tiempo total de desplazamiento para cubiertas 9, 8 y 7.



Identificación de la congestión

La congestión se produce en las consideraciones iniciales en la cubierta 7 en pasillos 1 y 2 por tener una densidad inicial calculada de 4,578 p/m² y 4,091 p/m² respectivamente, ambas superiores a la densidad inicial mínima de 3,500 p/m² para considerarse congestión.

Durante la evacuación, se producirá congestión en todos aquellos pasillos, puertas o escaleras que superen un flujo calculado F_c de 1,500 p/s.

En la cubierta 9 no se producen congestiones.

En la cubierta 8 los puntos en que se produce la congestión son los siguientes:

- Pasillo 3, procedente del pasillo 1, con $F_c = 1,950$ p/s.
- Pasillo 4, procedente del pasillo 2, con $F_c = 1,950$ p/s.

En la cubierta 7 los puntos en que se produce la congestión son los siguientes:

- Pasillo 3, procedente de la escalera del vestíbulo Br, con $F_c = 2,600$ p/s.
- Pasillo 4, procedente de la escalera del vestíbulo Er, con $F_c = 2,600$ p/s.
- Pasillo 5, procedente del pasillo 3, con $F_c = 2,275$ p/s.
- Pasillo 6, procedente del pasillo 4, con $F_c = 2,275$ p/s.
- Pasillo 7, procedente de la puerta 3 y escalera 3 Br, con $F_c = 2,102$ p/s.
- Pasillo 8, procedente de la puerta 4 y escalera 3 Er, con $F_c = 2,102$ p/s.
- Pasillo 13, procedente de la puerta 7, con $F_c = 2,210$ p/s.
- Pasillo 14, procedente de la puerta 8, con $F_c = 2,210$ p/s.

Calculo de T

El desplazamiento final T se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$T = (\gamma + \delta) \cdot t_l$$

Donde γ es el factor de seguridad que equivale a 2 en nuestro caso, δ es el factor de contraflujo que equivale a 0,3 y t_l tiempo total de desplazamiento.

Se calcula el tiempo total de desplazamiento T para todas las cubiertas.



Vía de evacuación	t_i (s)	T (s)
<i>Cubierta 9</i>	184,311	423,915
<i>Cubierta 8</i>	270,478	622,100
<i>Cubierta 7</i>	217,879	501,122

· Tabla 20: Cálculo del tiempo final de desplazamiento para cubiertas 9, 8 y 7.

Para proceder con la norma de eficacia se toma el mayor tiempo total de desplazamiento T calculado.

$T = 622,100$ segundos.

Norma de eficacia

En el caso que nos ocupa se procede al uso de la norma de eficacia de la circular 1238 del MSC por ser la más actual sobre el análisis del proceso de evacuación de los buques de pasaje nuevos y ya existentes.

En ella se aplica un factor de corrección a la norma de eficacia descrita en circulares anteriores.

La norma de eficacia es pues la siguiente:

$$1,25 (A + T) + \frac{2}{3} \cdot (E + L) \leq n$$

Donde A es el tiempo estimado de toma de consciencia de evacuación, 5 minutos en nuestro caso; T es el tiempo total de desplazamiento, $(E + L)$ es el tiempo estimado de llegada y embarco a los botes salvavidas, estimado en 30 minutos en nuestro caso y n es el factor de eficacia y debe ser inferior a 60 minutos en caso de buques de pasaje de transbordo rodado para considerar correcto el proceso de evacuación del buque.

$$T = 622,100 \text{ segundos} \cdot \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} = 10,368 \text{ minutos}$$

$$A = 5 \text{ minutos}$$

$$(E + L) = 30 \text{ minutos}$$

$$1,25 (5 + 10,368) + \frac{2}{3} \cdot 30 = 39,21 \text{ minutos}$$

$$n \rightarrow 39,21 \text{ minutos} = 39' 13'' < 60'$$



4.4.2. Evacuación hasta los puestos de embarque

Los puestos de reunión, descritos en apartados anteriores, se encuentran en la cubierta 7. A continuación se detalla las rutas y la distribución de pasaje y tripulación desde los puestos de reunión hasta los puestos de embarque situados todos en la cubierta 7.

De proa a popa existen 6 puntos de embarque a los distintos dispositivos salvavidas que incorpora el buque.

Punto de embarque 1: Sistema de evacuación marina M.E.S. Situado en la parte más a popa y a estribor de la tercera zona vertical principal, en la cubierta 7; tiene una capacidad para evacuar un total de 430 personas en 4 balsas salvavidas.

A este punto de embarque se dirige todo el pasaje de los puestos de reunión A y B, un total de 303 personas, y 102 personas procedentes del puesto de reunión E. Para dirigir las operaciones de puesta a flote, controlar el flujo de personas a este punto de embarque y ser evacuados por el mismo, accederán en él un total de 12 tripulantes.

El total de evacuados a través del punto de embarque 1 será de 417 personas.

Punto de embarque 2: Bote salvavidas. Situado en la parte central más a proa y a babor de la segunda zona vertical principal, en la cubierta 7; tiene una capacidad para evacuar un total de 150 personas.

A este punto de embarque se dirigen 147 personas procedentes del puesto de reunión D. Para dirigir las operaciones de puesta a flote, controlar el flujo de personas a este punto de embarque y ser evacuados por el mismo, accederán en él un total de 3 tripulantes.

El bote salvavidas se estiva en cubierta 9, a popa de la escalera 2 babor, durante el proceso de evacuación debe ser arriado mediante los pescantes respectivos hasta la cubierta 7 por la tripulación para permitir el embarco del pasaje.

El total de evacuados a través del punto de embarque 2 será de 150 personas.

Punto de embarque 3: Bote salvavidas. Situado en la parte central más a proa y a estribor de la segunda zona vertical principal, en la cubierta 7; tiene una capacidad para evacuar un total de 150 personas.

A este punto de embarque se dirigen 147 personas procedentes del puesto de reunión C. Para dirigir las operaciones de puesta a flote, controlar el flujo de personas a este punto de embarque y ser evacuados por el mismo, accederán en él un total de 3 tripulantes.



El bote salvavidas se estiva en cubierta 9, a popa de la escalera 2 estribor, durante el proceso de evacuación debe ser arriado mediante los pescantes respectivos hasta la cubierta 7 por la tripulación para permitir el embarco del pasaje.

El total de evacuados a través del punto de embarque 3 será de 150 personas.

Punto de embarque 4: Bote salvavidas. Situado en la parte central más a popa y a babor de la segunda zona vertical principal, en la cubierta 7; tiene una capacidad para evacuar un total de 30 personas.

A este punto de embarque se dirigen 27 personas procedentes del puesto de reunión D. Para dirigir las operaciones de puesta a flote, controlar el flujo de personas a este puesto de embarque y ser evacuados por el mismo, accederán en él un total de 3 tripulantes.

El bote salvavidas se estiva en cubierta 8, a proa de la escalera 3 babor, durante el proceso de evacuación debe ser arriado mediante los pescantes respectivos hasta la cubierta 7 por la tripulación para permitir el embarco del pasaje.

El total de evacuados a través del punto de embarque 4 será de 30 personas.

Punto de embarque 5: Bote salvavidas. Situado en la parte central más a popa y a estribor de la segunda zona vertical principal, en la cubierta 7; tiene una capacidad para evacuar un total de 30 personas.

A este punto de embarque se dirigen 27 personas procedentes del puesto de reunión C. Para dirigir las operaciones de puesta a flote, controlar el flujo de personas a este puesto de embarque y ser evacuados por el mismo, accederán en él un total de 3 tripulantes.

El bote salvavidas se estiva en cubierta 8, a proa de la escalera 3 estribor, durante el proceso de evacuación debe ser arriado mediante los pescantes respectivos hasta la cubierta 7 por la tripulación para permitir el embarco del pasaje.

El total de evacuados a través del punto de embarque 5 será de 30 personas.

Punto de embarque 6: Sistema de evacuación marina M.E.S. Situado en la parte más a proa y a babor de la primera zona vertical principal, en la cubierta 7; tiene una capacidad para evacuar un total de 430 personas en 4 balsas salvavidas.

A este punto de embarque se dirige todo el pasaje del puesto de reunión F, un total de 259 personas, y 146 personas procedentes del puesto de reunión E. Para dirigir las operaciones de puesta a flote, controlar el flujo de personas a este puesto de embarque y ser evacuados por el mismo, accederán en él un total de 12 tripulantes.

El total de evacuados a través del punto de embarque 6 será de 417 personas



4.4.3. Cumplimiento normativa actual

A continuación se detalla las comprobaciones realizadas a bordo del buque de pasaje de transbordo rodado Martin i Soler, referentes al cumplimiento de los aspectos más relevantes referentes a los buque de pasaje de transbordo rodado de la normativa actual establecida por la administración española a través del BOE nº 124 según el Real Decreto 457/2011 sobre reglas y normas de seguridad aplicables a los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles.

Escaleras y vías de evacuación:

- Disposición de escaleras y/o escalas desde todos los espacios destinados a pasajeros y a la tripulación hacia la cubierta de embarco en los botes y balsas salvavidas.
- Disposición de escaleras y/o escalas desde los espacios que no sean espacios de máquinas, en que normalmente trabaje la tripulación.
- Disposición de dos medios de evacuación por cada compartimiento estanco debajo de la cubierta de cierre.
- Disposición por lo menos de dos medios de evacuación desde cada zona vertical principal, por encima de la cubierta de cierre.
- Disposición de salida directa a la cubierta expuesta desde estación radiotelegráfica
- No existencia de pasillos con una sola vía de evacuación si exceden 5 m de longitud
- Al menos uno de los dos medios de evacuación que se deben de disponer consistirá en una escalera de fácil acceso, encerrada en un tronco, que proteja de modo continuo contra el fuego en todo su recorrido.
- Se deben disponer pasamanos u otras agarraderas, en todos los pasillos a lo largo de las vías de evacuación.
- Las vías de evacuación no pueden estar obstruidas por mobiliario ni ningún otro tipo de obstáculo.
- Aberturas de espacios cerrados contiguos a una cubierta expuesta, deben poderse utilizar, cuando sea posible, como salidas de emergencia.
- Las cubiertas estarán numeradas por orden sucesivo, comenzando por "1" en el techo del doble fondo o la cubierta más baja.
- La numeración de las cubiertas se colocara de forma que sea claramente visible en un lugar destacado en los rellanos de las escaleras y de los ascensores



Puertas y cerramientos:

- No se necesitará llave para abrir las puertas de las cabinas y camarotes desde el interior
- No habrá nunca ninguna puerta a lo largo de la vía de evacuación en la que sea necesario abrir con llave cuando se transite en la dirección del sentido de evacuación.

Alumbrado de emergencia:

- Todos los espacios y pasillos públicos para pasajeros estarán provistos de un alumbrado eléctrico suplementario capaz de funcionar durante tres horas como mínimo cuando hayan fallado las demás fuentes de energía eléctrica, cualquiera que sea la escora del buque.
- Los medios de evacuación, incluidas las escaleras y salidas, estarán indicados mediante alumbrado o franjas fotoluminescentes que no se encuentren a más de 0,3 metros por encima de la cubierta.

Equipos de seguridad:

- Se deberán llevar al menos 4 aparatos de respiración artificial en cada zona vertical principal para evacuación de emergencia.
- El número y la ubicación de estos aparatos se indicará en el plano de lucha contra incendios.

Disposiciones para la reunión y el embarco:

- Las embarcaciones de supervivencia irán colocadas lo más cerca posible de los espacios de alojamiento y de servicio.
- Se dispondrán puestos de reunión cerca de los puestos de embarco lo suficientemente amplios, al menos 0,35 m² por persona.

Balsas Salvavidas y M.E.S.:

- Se asegurará la comunicación entre el puesto de embarco y la plataforma del M.E.S.
- Todas las balsas salvavidas rodado estarán provistas de medios de estiba de zafada automática.
- Todas las balsas salvavidas serán autoadrizables o bien serán balsas reversibles con capota abatible.



Botes de rescate rápidos:

- Al menos dos tripulaciones del bote de rescate rápido recibirán formación y efectuarán ejercicios periódicos.



Chalecos salvavidas:

- Se dispondrá un número suficiente de chalecos salvavidas en las proximidades de los puestos de reunión para que los pasajeros no tengan que regresar a sus camarotes a recoger los chalecos.
- Todos los chalecos salvavidas irán provistos de una luz.



Zonas de aterrizaje:

- Se dispondrá de una zona de evacuación para helicópteros aprobada por la Administración del Estado de abanderamiento.



Instrucciones de emergencia:

- Siempre que embarquen nuevos pasajeros, se les dará instrucciones sobre seguridad inmediatamente antes o inmediatamente después de hacerse a la mar
- En el interior de las puertas de cada camarote y en los espacios públicos se colocarán en lugares destacados, planos figurativos donde se indique "Usted está aquí" y las vías de evacuación.



Sobre el terreno se ha comprobado que el buque Martin i Soler cumple con los aspectos principales de la normativa actual respecto a las vías y planes de evacuación. Excepto en el caso de la prohibición de obstáculos en las vías de evacuación. En esta línea se han detectado dos mamparos de plástico que obstaculizaban parcialmente el paso de dos pasillos, 1 y 2 respectivamente, de la cubierta 9.



5. Conclusiones

Muchos accidentes marítimos acontecidos a lo largo de la historia nos muestran la gran importancia que tiene la organización y la disposición de los medios adecuados para realizar una evacuación y abandono con éxito.

En los casos contemplados en este trabajo se puede observar como las grandes catástrofes sufridas tanto en buques de pasaje como el Titanic o buques de pasaje y transbordo rodado como el Herald of Free Enterprise, el Scandinavian Star y el Estonia el factor tiempo y en especial la detección temprana del problema y las posibles consecuencias que este puede acarrear para la seguridad de las personas, es clave para realizar una buena gestión de la emergencia y tomar las correctas decisiones por parte del máximo responsable.

Sin lugar a dudas si en el Titanic el Capitán hubiese dispuesto de un plan, al menos, de evacuación a unos hipotéticos puestos de reunión, y los oficiales y tripulantes hubiesen sido instruidos para dar respuesta a una situación de abandono del buque, la cifra de fallecidos hubiese sido menor, aún no habiendo suficientes botes, el simple hecho de agilizar el proceso de reunión del pasaje y el posterior embarco organizado a los botes hubiera contribuido a la reducción de fallecidos.

En el caso del Herald of Free Enterprise aun habiendo pasado casi 75 años, el principal problema continuó siendo la falta de percepción por parte de algún tripulante o responsable del inminente peligro que se avecinaba debido al constante caudal de agua entrante en las cubiertas corridas. De nuevo la reacción y la posterior toma de decisiones fue tan tardía que tan siquiera dio tiempo de dar el aviso de MayDay y alertar al pasaje de la fatal situación, el buque ya se encontraba en situación de escora de no retorno. La falta de vigilancia y supervisión de la operativa del buque, no obstante, fue la causante de la situación de emergencia que desencadenaría la tragedia.

También en el incendio del Scandinavian Star se toman una serie de decisiones que contribuyen a que el proceso de reunión y posterior abandono se hiciese tarde y ya con una gran parte del pasaje fallecido como causa del incendio. Quizás el gran error por parte del Capitán fue el no ordenar, en cuanto fue alertado del primer incendio, la evacuación y reunión de todos los pasajeros a sus respectivos puestos de reunión. Esta decisión de obligado cumplimiento, ya que así lo prescribía el Convenio SOLAS 60 bajo el que se regía el Scandinavian Star, hubiese representado casi con total seguridad una disminución drástica de las víctimas mortales en el siniestro.



El Estonia recuerda también el accidente del Herald of Free Enterprise, aunque con el agravante de que ya contaba con las medidas tecnológicas de obligada instalación contempladas en las enmiendas al SOLAS 74 a raíz del accidente del Herald, como eran las cámaras de monitorización de los portones proa y popa o los pilotos de indicación de cierre de los mismos entre otras medidas. Aún con estos avances e incluso la supervisión por parte de la tripulación del estado del buque no se tuvo la percepción peligro hasta que el agua empezó a inundar las cubiertas de carga rodada de forma imparable. El aviso de MayDay y la orden de abandono se dieron cuando era demasiado tarde y el buque ya estaba sentenciado, pues antes dar la alarma general se intentó solventar la situación desconociendo el estado real del buque. Quizás el rápido hundimiento que sufrió el Estonia no hubiese permitido un abandono con éxito, pero una alarma de evacuación a los puestos de reunión en cuanto se tuvo constancia de la entrada de agua hubiese reducido el número de víctimas. No obstante de los casos estudiados es el que menor tiempo se tuvo para intentar poner en práctica el plan de evacuación.

En todos los casos se aboca el mayor número de fallecidos a la tardanza en dar la alarma a tripulación y pasaje de la situación real de peligro y a la mala disposición y operatividad de las vías de evacuación así como la aplicación incorrecta de los planes de evacuación, ya sea por desconocimiento del pasaje como de la propia tripulación del buque. Todo ello suscitado por distintos motivos según cada caso en cuestión.

La IMO siempre ha dado respuesta a todas las pequeñas causas que al sumarse desembocaron en grandes tragedias, aunque quizás, en varias ocasiones, esta respuesta haya llegado demasiado tarde. A partir del hundimiento del Titanic se han endurecido de manera drástica las regulaciones a cumplir, a través de múltiples enmiendas al SOLAS y nuevos convenios de implementación internacional como son el código MSC, el código FSS, el código IDS, el código ISM, el código ISPS, el código IGS, el convenio STCW, el código INMASAR entre otros. En ellos la IMO, a través de sus comités respectivos y las autoridades marítimas competentes, establece nuevas directrices y regulaciones cada vez más estrictas en materia de dispositivos de seguridad y salvamento, estabilidad estructural del buque, seguridad de la carga y su trincado y, particularmente estudiado en este trabajo, en materia de planes y vías de evacuación tanto a nivel funcional como estructural del buque; de aplicación para todos los buques mercantes, haciendo hincapié en los buques de transporte de pasaje y buques de pasaje y transbordo rodado, por ser los buques que, en caso de hundimiento, producen mayor número de víctimas mortales y alarma social.

Aún así, siempre es difícil asegurar la integridad de este tipo de buques de pasaje y transbordo rodado y la seguridad de pasajeros y tripulantes. Al ser las cubiertas de carga rodada corridas, sin mamparos transversales, para optimizar la estiva de la carga y aún a sabiendas de la existencia de espacios vacíos por debajo de las cubiertas



corridas de carga rodada para absorber el máximo de agua en caso de vía de agua y evitar la escora desmesurada a corto plazo; dichas cubiertas se convierten en puntos muy vulnerables ante un vía de agua que, seguramente, llenaría rápidamente la bodega corrida y producirá grandes escoras en poco tiempo, reduciendo el margen de reacción para llevar a cabo una evacuación eficaz del buque.

Respecto al análisis del plan de evacuación del buque Ro-Pax Martin i Soler, se ha comprobado, con la aplicación del método simplificado propuesto por el comité de seguridad marítima MSC en la circular 1033 y enmendado en la circular 1238, que el tiempo para la evacuación completa del buque en caso de navegación diurna es de 39 minutos y 13 segundos. Este tiempo es inferior al máximo permitido por la IMO, que es de 60 minutos para todos los casos y condiciones de navegación.

El buque cumple con la normativa relativa al proceso de evacuación del buque en caso de navegación diurna y por tanto no debe realizar ningún cambio estructural importante. Si el tiempo total de evacuación calculado fuera superior al tiempo total de evacuación requerido, se tendrían que revisar los procedimientos de evacuación de a bordo, a fin de adoptar medidas apropiadas para reducir las congestiones y las colas derivadas de estas que puedan producirse en los lugares señalados en el análisis.

Aun así, en el análisis se han detectado muchos puntos en los que durante el proceso de evacuación del buque se producirá congestión, en situación de congestión el flujo de persona se acumula considerablemente dificultando su avance, en consecuencia el pánico y el estrés del pasaje y de la tripulación aumenta considerablemente, lo que dificulta la correcta evacuación del buque y puede afectar al número de heridos ya sean leve o graves e incluso al número de víctimas mortales. Además, en la comprobación del cumplimiento de la normativa actual a bordo se han detectado obstáculos en dos vías de evacuación de la cubierta 9.

Los obstáculos de la cubierta 9 sí que incumplen la normativa vigente y deben ser retirados de inmediato.

Por todo ello, si la empresa lo desea, se podría realizar un estudio de mejora y optimización del plan de evacuación del buque Martin i Soler, centrándose en los puntos donde se produce la congestión, los cuales, en la medida de lo posible, deberían ser reconsiderados y redimensionados si fuera necesario, o buscar vías de evacuación alternativas con objeto de optimizar al máximo el plan de evacuación del buque y asegurar la integridad de todos sus pasajeros y tripulantes, aunque cabe decir que, según normativa, ya está asegurada.



6. Bibliografía

Normativa internacional

- **OMI. SOLAS 1974** Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar:

- Capítulo II-2 ·Capítulo II-1 · Regla III/19.3.3.1
- Regla II-2/13 ·Regla III/48.5 ·Regla III/19.3.3.2
- Regla III/48.6 ·Regla III/13.4 ·Regla III/19.3.3.3
- Regla III/19.3.3.8 ·Regla III/19.3.3.6 ·Regla III/19.3.4
- Regla III/19.4

- **OMI. Código MSC** Comité de seguridad Marítima:

- Circular 1033 ·Circular 1238 ·Circular 1136
- Circular 809 ·Circular 895 ·Circular 1206

- **OMI. Código FSS** Código Internacional de Seguridad Contra Incendios:

- Capítulo 13

- **OMI. Código IDS** Código Internacional sobre dispositivos de salvamento:

- Sección 6.2 ·Punto 6.1.5 ·Punto 4.2.4.1
- Punto 4.3.4.1 ·Punto 2.2.3

- **OMI. Código ISM** Código Internacional sobre Seguridad Marítima.



- **OMI. Código ISPS** Código Internacional para la Protección de los Buques y de las Instalaciones Portuarias.
- **OMI. Código IGS** Código Internacional de Gestión de la Seguridad Operacional del Buque.
- **OMI. Código STCW** Código de formación, titulación y guardia para la gente de mar:
 - Sección A-VI/2 tabla A-VI/2-2
- **OMI. Resoluciones:**
 - A.771 (18)
 - A.757 (18)
- **OMI. Código INMASAR** Código internacional de los servicios aeronáuticos y marítimos de búsqueda y salvamento.

Normativa Nacional

- BOE 9086 Real Decreto 457/2011** sobre reglas y normas de seguridad aplicables a los buques de pasaje que realicen travesías entre puertos españoles.

Trabajos final de carrera y documentos académicos

- El Código ISM: Evaluación de su Implementación y Desarrollo/ Autor: Miguel Rubio Medina/ Director: Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea. 2010.
- Seguridad en buques de pasaje y transbordo rodado Ro-PAX / Autor: Jaime Rodrigo de Larrucea, UPCommons. 2009.
- Sistemas de Evacuación de Buques de Pasaje/ Autor: Daniel Company Soriano/ Director: Ricardo Rodríguez-Martos Dauer. 2006.
- Sistema Informático de Diseño y control de Planes de Evacuación y Emergencia/ Autor: Ricardo González Jareño/ Director: Luíś Marquez Villadre. 2005.
- Sistema de Evacuación Marino "M.E.S"/ Autor: Enrique de Caralt Figuerola/ Director: Juan Antonio Moreno Martínez. 2002.
- Evacuación en buques de Pasaje/ Autor: Ramón Canet Sintes/ Director: Ricard Marí Sagarra.1994.



Libros

- Psychology of Emergency Egress and Ingress/ Autor: J.M.Chertkoff y R.H. Kushigian. 1999.
- Manual de formación a bordo/ Autor: Astilleros H.J. Barreras. 2008.
- Curso de buques Ro-Ro de pasaje y buques de pasaje distintos a buques Ro-Ro/ Autor: Josep Costa Fäh. Globalmarine.