

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**

**APROXIMACION AL METODO DE  
EVALUACION DEL RIESGO DE  
INCENDIO ESTRUCTURAL Y  
GLOBAL DE LOS BUQUES**

Autor: Ricard Mari Sagarra

Director: José M<sup>a</sup> Fornons

Barcelona, febrero 1991

**SEGUNDA PARTE**

## C A P I T U L O 9

**ANALISIS COMPARADO DE LOS PARAMETROS  
HABITUALES EN LOS METODOS DE  
EVALUACION Y SU PREPARACION AL METODO  
PROPUESTO**

## 9 ANALISIS COMPARADO DE LOS PARAMETROS HABITUALES EN LOS METODOS DE EVALUACION Y SU PREPARACION AL METODO PROPUESTO

### 9.1 PRESENTACION DE LOS METODOS EVALUATIVOS DE BASE

Numerosos son los métodos que por una u otra razón se han desarrollado para la cuantificación del riesgo de incendio, relacionados con uno, varios o la totalidad de los parámetros que pueden intervenir en la manifestación de un incendio. Cada uno de ellos, bien por separado y/o en su conjunto, han permitido avanzar en la investigación y la búsqueda de nuevos planteamientos al problema, que permita la adopción de medidas preventivas o protectoras mas ajustadas a la realidad de las condiciones y circunstancias de los siniestros, y en ese sentido hay que decir, que alguno de ellos lo ha hecho de forma significativa, como así lo demuestra su aceptación en amplios sectores de la actividad industrial. Sin embargo, aquellos otros que por el tratamiento parcial del tema o su aplicación limitada, no han trascendido al gran mundo de la seguridad, tampoco cabe mostrarles olvido o rechazo por ello, ya que en su mayoría, por los criterios utilizados y el discurrir de las investigaciones llevadas a cabo, sirvieron de cimiento para proyectar a los mas acertados. Esa es la razón por la que es necesario, aunque someramente, hacer una crítica selectiva de sus contenidos para el enfoque definitivo de este trabajo.

El criterio para la valoración del riesgo de incendio ha variado sustancialmente con el tiempo, es decir, en los primeros métodos solo se implicaban aspectos de combustibilidad de los materiales presentes, las fuentes de calor capaces de provocar el inicio del fuego y pocas cosas mas, mientras que los posteriores tienden a potenciar el complejo sistema del factor humano como causa importante del incendio. En medio de ambos procedimientos permanecen los sistemas de protección, los equipamientos y las instalaciones, que en su conjunto ayudan a mantener el

control del fuego mientras otras acciones son aplicadas a la totalidad hasta la definitiva extinción.

Con el primer planteamiento se quería detectar la posibilidad de inicio del incendio a través de las manifestaciones visibles del fuego (físicas y químicas) luz, humos, calor. En los posteriores, las organizaciones internas, el grado de preparación, la elección del material y equipamiento necesario para la acción prevista, la planificación de las acciones y la selección de los procedimientos, son adoptados para deparar menores costes por daños y pérdidas, tanto materiales como humanas.

Los mas recientes, inquieren sobre el cómo y el por qué de las situaciones, diferenciando claramente unas de otras con el fin de conocer aquellos aspectos que pueden ser tratados preventivamente y aplicarles la solución mas adecuada. Dicha aplicación reduce el riesgo y por tanto se posibilita una nueva clasificación a niveles mas seguros, y en su conjunto una tendencia de mejoras y mejores estandares de seguridad.

En los buques, los métodos seguidos por los Convenios SEVIMAR eran básicamente la resistencia estructural al fuego de los compartimentos y algún sistema fijo o móvil al que oponer el desarrollo del fuego. Mientras que en los últimos, los vínculos reglamentarios de otros Convenios permite aunar los efectos de lucha contra incendio desde dos partes, la que sufre las acciones del fuego (estructuras) y las acciones del equipo humano (intervención), consiguiéndolo a través de medidas contra incendios, tales como:

- . la reducción tanto como sea posible de la cantidad de material combustible usado en la construcción del buque y de su equipamiento,
- . la división del buque en barreras térmicas y estructurales que contengan el incendio y puedan ser atacadas por la tripulación,

- . la separación de áreas de bajo riesgo de las de alto riesgo, como son los espacios de carga, de maquinaria y de alojamiento.
- . nuevos esquemas organizativos y formativos de las tripulaciones apoyados por equipamientos mas eficaces y seguros.

## 9.2 PROCEDIMIENTO DE ANALISIS PARA LOS PARAMETROS DE ESTE CAPITULO

En la lectura de cualquier método seleccionado, se detecta un léxico acorde con la aplicación inicial, evidentemente distinto al marítimo, por lo que en el tratamiento que se da a cada uno de los parámetros y cualquier otro aspecto relacionable que sea necesario efectuar, comienza con una fase previa de maritimización, de tal forma, que sin alterar el enfoque que cada investigador dio a su método, pueda en una primera aproximación verse claramente su aplicación al buque.

En segundo lugar, solo se filtran aquellas conclusiones o principios que constituyen un aspecto significativo del tema evaluativo, siempre que no perjudiquen el seguimiento general ni la intencionalidad inicial que motivó su desarrollo, y por supuesto, que sean asumibles por el método motivo de la tesis, aunque luego no se incorporen en la presentación definitiva, justificado por los oportunos razonamientos.

Cuando los distintos métodos analizados presentan serias divergencias de criterio entre sí respecto a un determinado parámetro, en estos casos se toma partido por uno de ellos justificando la razón y los aspectos positivos de la determinación.

Para todos los parámetros que se analizan y para cada uno de los métodos que lo presentan, se realiza un resumen de los pareceres parciales que no pretenden ser conclusiones definitivas sino tan solo preparar el criterio, que mas tarde servirán para concretar la propuesta final para cada

parámetro. En ese mismo apartado, si las hubiera, se exponen las posibles aplicaciones que tienen en el buque.

Naturalmente, el punto de mira para el tratamiento comparado de los parámetros, se realiza con los Convenios y Resoluciones que los complementan, pues indiscutiblemente el eje fundamental lo constituye el paquete de los aspectos legales propiamente marítimos, al que no pueden sustraérseles la importancia ni su marco de aplicación.

Cuando se ha efectuado el tratamiento comparativo de cada parámetro, teniendo en cuenta la maritimización y las conclusiones parciales, se pasa a la adecuación final del parámetro y la determinación del tratamiento que debe dársele a fin de su integración al cálculo.

Finalmente, se pretenderá que el procedimiento para usar el método, sea fácil y cómodo mediante un sistema lo mas simplificado posible que permita su tratamiento informático, en principio pensado en un listado cuyas respuestas sean afirmativas o negativas, cuidando en su formulación que las respuestas hayan de ser necesariamente SI o NO, sin que quepa otra alternativa, mientras que por otro lado, la formulación de cada pregunta debe ser tal que la respuesta SI corresponda siempre al caso en que el requisito ha sido cumplido y no al contrario. De este modo, si al final del recorrido para un parámetro, ninguna respuesta cae en la columna NO, puede asegurarse que cumple con lo deseable y por tanto, el coeficiente que represente el aspecto analizado no recibe ninguna penalización o aumento significativo .

### 9.3 METODOS UTILIZADOS

Los métodos que se van a considerar son:

1. El método de Edwin E. Smith<sup>44</sup>, que evalúa los siguientes parámetros:
  - . Combustibilidad: inflamabilidad, velocidad de la llama y energía calorífica emitida.
  - . Producción de humos y gases tóxicos.
  
2. El método de G.A. Herpol<sup>45</sup>, desarrollado por el equipo del Centro de Investigación del Incendio de la Universidad de Gand, que analiza la cuantificación de:
  - . Carga térmica: altura de los locales, índice de reacción al fuego.
  - . Carga térmica del contenedor y del contenido.
  - . Resistencia al fuego de los elementos separadores.
  
3. Método del factor  $\alpha$  (ALFA)<sup>46</sup>, que proporciona un criterio de resistencia al fuego de un sector con riesgo aislado mediante la consideración de:
  - . Carga de fuego, salidas emergencia, medidas seguridad, personal extinción, dificultad de la intervención, existencia de equipos especiales.

---

<sup>44</sup> Smith E.E., "Model for Evaluating Fire Hazard", Simposio del Congreso Nacional de la A.I.Ch.E. sobre el Control de la Inflamabilidad de los Productos, celebrado en Philadelphia los días 11 al 15 de Noviembre de 1.973.

<sup>45</sup> G.A. Herpol. "La recherche scientifique et la sécurité contre l'incendie". Revue Mensuelle de la Société Royale Belge des Ingenieurs et Industriels, nº 1, 1968, pp. 14 a 24.

<sup>46</sup> Ordenanza sobre normas constructivas para la prevención de incendios del Ayuntamiento de Barcelona.

4. Método del factor k (KILO)<sup>47</sup>, que si bien está en la misma línea de investigación seguida por el método  $\alpha$ , lo hace por medio de la consideración de otros aspectos:

- . Altura del espacio, superficie de la sectorización, actividad desarrollada, riesgo de propagación, plan de lucha contra incendios.

5. Método de Gustav Purt<sup>48</sup>, cuyos esfuerzos se dirigen a las acciones preventivas, protectoras y de intervención para el continente y para el contenido, a través de las siguientes consideraciones sobre:

- . Cargas térmicas del continente y el contenido, combustibilidad, carácter cortafuegos, tiempo para intervenir, RF estructural, características de las estibas, previsión de daños a las personas, bienes y la influencia de la generación de humos que puedan ser a su vez tóxicos o/y corrosivos.

6. Método de la Evaluación del Riesgo de Incendio por Cálculo (E.R.I.C.)<sup>49</sup> por el que se trata el tema en tres bloques de sumo interés:

- . Peligros potenciales a personas.  
Contiene: posibilidad de evacuación, peligro humos según su opacidad y la intoxicación o toxicidad, combustibilidad.  
Evacuación: tiempo neto, nº personas a

---

<sup>47</sup> Ibidem.

<sup>48</sup> G. Purt. Seminario Internacional de la Detección Automática de Incendios del IENT. Aquisgran, 4 de octubre de 1971.

<sup>49</sup> Desarrollado por el Centro Tecnológico del Fuego de ITSEMAP.

evacuar, anchuras de las vías, densidad y velocidad de circulación, recorrido total de evacuación.

. Peligros a los bienes.

Contiene: carga calorífica total, nº de plantas, peligro de humos y corrosión, actividad, geometría del espacio o sector, combustibilidad de los materiales.

. Prevención y protección (soluciones y aplicaciones).

Contiene: características de la red C.I. (naturaleza de las instalaciones, presión y suministro), criterios en la detección, capacitación de las brigadas de intervención, medios de extinción disponibles, ventilación de humos, compartimentación y resistencia al fuego.

7. Método de M. Gretener<sup>50</sup>, evalúa el riesgo de incendio con mayor implicación en el número de parámetros y aspectos del incendio.

Contiene:

. Peligro potencial, que al igual que el método E.R.I.C. usa la carga calorífica total, nº de plantas, peligro de humos y corrosión, actividad, geometría del espacio o sector, combustibilidad de los materiales.

. Medidas normales, referidas a los equipos y personal disponibles (extint., hidrantes, fuentes de agua, circuitos C.I., personal).

---

<sup>50</sup> Ensayo de evaluación numérica del peligro de incendio en lo objetos industriales y otros. Conferencia en el Tercer Simposio Internacional de Protección Contra Incendios, Eindhoven, 1968.

- . **Medidas especiales**, referidas a los sistemas fijos disponibles (detección, alarma, disponibilidad personal, tiempo intervención, sistemas fijos, evacuación humos).
- . **Medidas de construcción**, del continente.
- . **Riesgo de incendio efectivo**, exposición al riesgo y el peligro de activación.
- . **Situación de peligro para las personas**, según el nº de personas posibles en el compartimento corta fuegos y su situación respecto al conjunto del continente.

8. Método K.A.O. CORPORATION<sup>51</sup>, evalúa los niveles de peligrosidad de las situaciones de emergencia de forma sintética, bajo dos criterios:

- . **la susceptibilidad al riesgo**, considerando el emplazamiento del área, el continente, la compartimentación, el uso y el contenido de especial peligro.
- . **las medidas disponibles para enfrentarse al riesgo**, considerando el plan de alarma, la demora en la intervención, los accesos disponibles, los medios y equipos de intervención.

---

<sup>51</sup> Empleado por el Departamento de Seguridad Industrial de la Conselleria d'Industria. Generalitat de Catalunya.

#### 9.4 TRATAMIENTO COMPARATIVO DE LOS PARAMETROS

De los métodos mas interesantes que son analizados en esta parte, se obtienen 12 aspectos que son reincidentes en la mayoría de ellos, además de la provechosa coincidencia y aplicación con los parámetros encubiertos en los Convenios SEVIMAR.

Por tanto, los parámetros que se tendrán en cuenta en el método propuesto, son:

1. Carga térmica
2. Resistencia al fuego
3. Combustibilidad
4. Generación de humos, gases tóxicos y corrosividad
5. Velocidad de propagación de las llamas
6. Altura y geometría del espacio
7. Ventilación de humos
8. Evacuación
9. Contenido y uso del espacio
10. Medidas de seguridad y equipos
11. Influencia del personal y los planes de intervención
12. Influencia del tiempo y dificultad de la intervención

##### 9.4.1 PARAMETROS AGRUPADOS POR METODOS

A fin de un tratamiento comparativo y homogéneo de los doce parámetros distintos que los métodos consideran, se agrupan estos en base a los aspectos mas significativos, lo que ayudará a la toma de decisiones sobre el planteamiento de incluir otros que sean específicos y particulares de la actividad marítima.

##### Resistencia al fuego

HERPOL, ALFA, KILO,  
PURT, GRETENER, ERIC.  
SEVIMAR.

##### Humos y tóxicos

SMITH, HERPOL, PURT,  
GRETENER, ERIC, SEVIMAR.

Carga térmica

SMITH, HERPOL, ALFA,  
PURT, GRETENER, ERIC.  
SEVIMAR.

Combustibilidad

SMITH, HERPOL, ALFA, PURT,  
GRETENER, ERIC, SEVIMAR.

Contenido, uso del espacio

KILO, PURT, GRETENER.

Evacuación

ALFA, ERIC, GRETENER.  
PURT, SEVIMAR

Tiempo de intervención

ALFA, KILO, PURT, GRETENER,

Altura y geometría local

ALFA, KILO, PURT, SEVIMAR  
GRETENER, ERIC.

Personal y plan interv.

ERIC, GRETENER, KAO,  
SEVIMAR.

Ventilación de humos

ERIC, GRETENER, SEVIMAR.

Medidas segurid. y equip.

ALFA, KILO, ERIC,  
GRETENER, SEVIMAR.

Velocidad llama y propag.

SMITH, HERPOL, ALFA,  
PURT, SEVIMAR.

## 9.5 Carga térmica

### 9.5.1 Del método E.E. Smith

El método facilita la determinación de un criterio sobre la expresión *peligrosidad del fuego*, que sobre los bienes y especialmente para las personas, pueda representar un espacio específico, en base a considerar los parámetros de combustibilidad, producción de humos y gases tóxicos de los materiales allí ubicados.

Los parámetros antes citados son dependientes de las características físico-químicas de los productos y sustancias implicadas y las condiciones presentes del espacio considerado, obtenida su cuantificación mediante un procedimiento de investigación realizada sobre muestras estandar de los productos sometidos a diferentes exposiciones, especialmente:

20,5 MJ/m<sup>2</sup> para suelos y superficies horizontales próximas.

40,7 MJ/m<sup>2</sup> para paneles y superficies verticales.

102,3 MJ/m<sup>2</sup> para techos.

El producto final obtenido son tablas para las referidas densidades de potencia, que aportan las características de combustión de los materiales investigados (tabla 9.1), entre ellos la carga térmica.

La tabla que sigue a continuación se expone una sola vez en este trabajo de forma que el análisis que se haga en su momento de cada término, se hará referencia a ella para evitar su repetición.

**TABLA 9.1**  
**CARACTERISTICAS DE LA COMBUSTION**

<b>A TEMPERATURA AMBIENTE</b>						
MATERIAL	INFLAMAB.	MAX. EMISION CALOR	MAX. EMISION HUMOS	CALOR 3 MINUTOS	HUMOS 3 MINUTOS	VELOCIDAD LLAMA
Espuma goma latex	1,8	457	400	6,8	13000	1,3
Espuma uretano flexible	>10,8	414	78	8,0	2200	6,4
A.B.S.	<0,36	1080	1100	0,2	<200	0,12
Madera de roble	0	0	0	0	0	0
<b>A 20,5 MJ/m<sup>2</sup></b>						
Espuma goma latex	3,15	540	470	8,5	49000	1,7
Espuma uretano flexible	17,1	468	90	8,5	2150	8,5
Espuma uretano rígido	0	0	0	0	0	0
A.B.S.	2,8	1080	1050	1,7	11000	0,3
Telas acrilonitrilo	1	126	95	4,1	9700	0,95
Telas lana	0,6	61	12	1,2	450	0,85
Telas nylon	0,2	137	30	0,68	<200	0,13
<b>A 40,7 MJ/m<sup>2</sup></b>						
Espuma goma latex	13,68	612	540	26	70000	4,2
Espuma uretano rígido	4,68	234	630	5,3	2600	3,0
A.B.S.	3,78	1152	1150	6,8	32000	0,6
Tela acrilonitrilo	5,94	342	300	6,3	13000	2,1
Telas lana	4,86	335	135	3,2	4300	1,7
Telas nylon	0,97	432	260	0,9	<320	0,3
Madera roble	0,61	216	9	2,2	<100	0,38
P.V.C.	<0,05	29	55	<0,1	<100	----
<b>A 102,3 MJ/m<sup>2</sup></b>						
Espuma uretano rígida	15,84	270	750	5,6	31000	8,5
A.B.S.	6,12	1188	1400	19	100500	1,0
Madera de roble	2,88	360	30	10	3200	1,35
P.V.C.	0,57	198	400	0,9	10700	0,4

Siendo las unidades empleadas: Emisión calor.... MJ/m<sup>2</sup>  
 Ignición..... MJ/s.m<sup>2</sup> Emisión humos....Partíc/s.m<sup>2</sup>  
 Calor 3 minutos.. MJ/m<sup>2</sup> Velocidad llama.. mm/s

#### 9.5.1.1 Consideraciones al método y aplicación al buque

El método proporciona por experimentación las siguientes conclusiones<sup>52</sup>:

- a) la generación de calor, humo y gases tóxicos es proporcional al peso de la muestra y su presentación considerando la superficie y espesor.
- b) los gradientes son proporcionales al área expuesta.
- c) los efectos de la superficie radiante en los valores anteriores no mantienen la proporcionalidad.

Mientras que por aplicación pueden obtenerse los siguientes criterios:

a) el conocimiento de los materiales utilizados en el revestimiento de los espacios, por tanto su comportamiento al fuego, y su colocación espacial respecto a la superficie total proporcionan la peligrosidad respecto a sus ocupantes.

b) la cuidadosa selección de los materiales puede reducir sustancialmente dicho riesgo potenciando directamente la seguridad de las personas ocupantes e indirectamente posibilitando menores daños totales al reducir los tiempos de intervención.

c) la disminución en la emisión de calor y las resultantes de humos o vapores tóxicos, garantizan una mayor garantía de éxito con menores equipamientos, por otra parte no siempre disponibles.

d) el proceso analítico para la cuantificación de la peligrosidad del compartimento investigado se obtiene del dato adimensional resultante de multiplicar los valores (según las tablas) del calor, humos y toxicidad que se emiten a los tres primeros minutos por unidad de superficie, por el área expuesta de cada objeto y sumándose la totalidad de los mismos hasta obtener un resultado único.

---

<sup>52</sup> Documento ITB/304677. Temas de Docencia. Servicio Social de Higiene y Seguridad del Trabajo.

El método E.E. Smith tiene por si mismo una aplicación inmediata a todo espacio o compartimento que pueda estar ocupado parcial o totalmente en el tiempo y en cualquier actividad que se considere, por consiguiente también a los buques.

No obstante en su contra, cabe destacar el reducido número de productos proporcionados en las tablas, insuficientes para abarcar la totalidad de las materiales que se emplean habitualmente en el buque, por lo que solo podría ser aplicado a las materiales ya investigados o por comparación, a los que tuvieran similares respuestas al fuego.

Partiendo de una uniformidad constructiva del buque en cuanto a los materiales utilizados y conocidas sus características y comportamiento al fuego, el método permite ser aplicado a situaciones repetitivas, como son camarotes, cámaras, etc. de un mismo buque o serie de ellos, reduciéndose el tiempo de cálculo.

Por otro lado, las densidades de potencia son perfectamente asumibles a tres estados o fases evolutivas del incendio, lo que puede proporcionar el criterio sobre el tiempo disponible para la evacuación, en función de la ocupación del sector y las vías previstas.

### 9.5.2 Del método G.A. Herpol

El parámetro de la carga térmica es tratado por G.A. Herpol, de tal manera, que partiendo del cálculo convencional de aquella,

$$Q_t = \frac{P \cdot q + P' \cdot q'}{S}$$

siendo,

$Q_t$ , la carga térmica en Mcal/m<sup>2</sup>.  
 $P$  y  $P'$ , los Kg. de los materiales combustibles del continente y del contenedor.  
 $q$  y  $q'$ , las potencias caloríficas en Mcal/Kg. de cada combustible.  
 $S$ , la superficie del sector de incendio en m<sup>2</sup>.

incorpora el denominado índice de reacción al fuego ( $R_a$ ) (tabla 2) de los materiales y la altura de los locales ( $h$ ), consistente en una sola cifra que proporcione el criterio de cuantificación en la iniciación, desarrollo, velocidad de propagación del incendio y acción de los humos producidos, siendo entonces la ecuación utilizable,

$$Q_t = \frac{R_a \cdot P \cdot q + R_a \cdot P' \cdot q'}{100 \cdot S \cdot h}$$

si bien, el método aconseja manejar unidades adimensionales dividiendo la carga térmica así definida por una carga térmica considerada no peligrosa (200 MJ/m<sup>3</sup> = 48 Mcal/m<sup>3</sup>).

Los valores que adopta  $R_a$  para los materiales seleccionados, se muestra en la tabla 9.2, resultante de aplicar la fórmula,

$$R_a = \frac{K_1 \cdot Q + K_2 \cdot I + K_3 \cdot P + K_4 \cdot E + K_5 \cdot F}{\sum K_{(n)}}$$

siendo,

$Q$ , índice calorimétrico  
 $I$ , índice de inflamabilidad  
 $P$ , índice de propagación de la llama en superficie  
 $E$ , índice de formación de brasa  
 $F$ , índice de humos (subíndices de opacidad, toxicidad y corrosividad).

TABLA 9.2

MATERIAL	CAPA mm.	Kg/m <sup>3</sup>	CONCRECCIONES	R <sub>a</sub>
ASFALTO	55	2400	8% BITUMEN	0
PISO DE CAUCHO	10	1800	IGNIFUGADO	0,28
BAKELITA	4	1375	FENOL-FORMALD.	1,54
PLACA FORMICA	10	1460		3,52
AGLOMERADO MADERA IGNIFUG	21	450	IGNIFUGADO	23,1
PLACAS POLIEST ARMADO	5	1560	FIBRA VIDRIO 30%	27,8
PLACAS POLIEST IGNIFUGADO	6	1667	IGNIFUGADO 10%	30,8
AGLOMERADO DE PARTICULAS	34,5	575	NO IGNIFUGADO	31,4
AGLOMERADO DE VIRUTAS	21	400		47,1
ROBLE	19	670		47,8
TABLERO DURO	3	900		57,9
PISO P.V.C.	2,5	1160		61,5
E S P U M A POLIURETANO	32	30		65,1
PANEL BLANDO	12	300		69,5
POLIESTIRENO NO EXPANDIDO	3	1000		76,10
ESPUMA DE POLIURETANO	20	40		87,6

### 9.5.2.1 Consideraciones al método y aplicación al buque

El método proporciona valores o índices de carga térmica (IQt) que pueden referirse al elemento estructural contenedor del espacio (Ie), al conjunto de los materiales que constituyen el contenido (Ic), o bien a ambos.

$$IQt = Ie + Ic$$

El índice de reacción al fuego, resulta difícil de aplicar, teniendo en cuenta la existencia de 5 índices calculados mediante métodos especiales y fórmulas particulares, con valores de 0 a 100 y para cada producto.

Mientras, los coeficientes  $K_{(n)}$  no dependen del material sino del lugar y forma en que se encuentran situados respecto al incendio, oscilando sus valores entre 0 y 1. Este criterio es interesante si se tiene en cuenta en la fase de diseño, por cuanto las circunstancias con valores de K mas pequeños podrán soportar una mayor carga de los índices antes mencionados, e inversamente cuando los valores K se acerquen al valor de la unidad. Sin embargo, en la fórmula general para el cálculo de  $R_a$ , al ser K inversamente proporcional al resultado, interesa que el denominador sea lo mayor posible. Por estas razones, los valores correspondientes a los índices y a los coeficientes deberían conjugarse para la obtención del resultado mas óptimo, es decir, para tener  $R_a$  bajos, que significan poca inflamabilidad, combustiones lentas, velocidades de llama bajas, reducida formación de brasas y aceptable generación de humos.

Los datos aportados por la tabla 9.2, solo hacen referencia a un número limitado de materiales que pueden ser empleados en los revestimientos del buque, y respecto a los que puedan constituir el contenido son claramente insuficientes para las necesidades reales, por tanto su utilización vendrá condicionado a la coincidencia o no de los materiales relacionados.

### 9.5.3 Método de los factores ALFA ( $\alpha$ )

El método<sup>53</sup> hace una valoración de unos determinados factores de incendio llamados  $\alpha_{(n)}$ , de los cuales, los dos primeros hacen referencia a la carga de fuego.

El valor de  $\alpha_{(1)}$  corresponde a la carga de fuego propiamente dicha en unidades de  $\text{Mcal/m}^2$ , obtenido por:

$$\alpha_{(1)} = m \cdot Q / 8$$

siendo

- Q, la carga de fuego
- m, un coeficiente relacionado con el estado de los materiales, detallados en la tabla 3.

#### 9.5.3.1 Consideraciones al método y aplicación al buque

Por una parte, la aplicación del coeficiente (m) es valiosa por cuanto penaliza la condición en la que se encuentran los materiales que constituyen el contenido, respecto a su estiba dentro del espacio considerado, aspecto que es de fácil comprobación tanto visual como por interpretación de planos o utilidades.

Y por otra, la consideración que se hace a la superficie del sector de incendio proporciona una mejor aproximación a las circunstancias reales de la evolución del incendio y sus consecuencias.

De la tabla 3, puede observarse que el coeficiente (m) no es aplicable a las bodegas de carga por no coincidir plenamente con los procedimientos habituales de estiba, pero sí es válido para los pañoles de los departamentos del buque.

A modo de ejemplo, en lo que constituye la tabla 9.3, se indican los coeficientes (m) para materiales de posible estiba en los pañoles de a bordo.

---

<sup>53</sup> Adoptado por el Ayuntamiento de Barcelona, en la Ordenanza sobre normas constructivas para la prevención de incendios y normas complementarias, 1974.

TABLA 9.3

ESTADO DE LOS MATERIALES

MATERIALES	SUELTOS, B A J A DENSIDAD, G R A N SUPERFICIE	APILADOS, DENSIDAD MEDIA, SUPERFICIE MEDIA	COMPACTOS, E L E V A D A DENSIDAD, REDUCIDA SUPERFICIE
------------	---	--	--

MATERIALES  
SOLIDOS:

VALOR DEL COEFICIENTE M

. Madera	1,4	1,0	0,5
. Desperdicios de madera	1,7	1,2	0,6
. Algodón	1,2	0,8	0,5
. Caucho, linóleo, plásticos	1,3	1,0	0,7
. Cereales	1,0	0,8	0,6

MATERIALES LIQUIDOS Y GASEOSOS:

. Gases combustibles .....	1,5
. Gases licuados .....	1,4
. Líquidos P.I.<30 $\varnothing$ .....	1,0
. Líquidos con 30<PI<50 .....	0,8
. Líquidos PI>100 $\varnothing$ .....	0,6

#### 9.5.4 Del método G. Purt

El método trata el parámetro de la carga térmica por medio de factores ( $Q_m$  para el contenido y  $Q_i$  para el continente) basados en el potencial de energía calorífica por unidad de superficie aportada por cada uno de los materiales presentes en el espacio o sector de incendio, que para  $Q_m$  (tabla 9.4) se verán corregidos por un coeficiente de combustibilidad ( $C$ ) según su clasificación en el catálogo CEA<sup>54</sup> (tabla 9.5) y una corrección en el caso de materiales mixtos al considerar el porcentaje del material de mayor combustibilidad respecto al peso total (tabla 9.6). Las tablas 9.4 y 9.5 son idénticas a las aportadas por el método de M. Gretener.

Como podrá observarse la carga calorífica debe calcularse por cualquier procedimiento o ser obtenida por tablas u de otra forma, a partir de la cual se obtiene el coeficiente que utiliza el método ( $Q_m$ ). Sin embargo, son los coeficientes ( $C$ ) y el aumento por porcentaje en caso de mercancías mixtas, la que proporciona un nuevo enfoque para la determinación de la carga calorífica.

Respecto a la carga calorífica del elemento contenedor, también debe obtenerse por cualquier procedimiento que lo cuantifique, de forma que de él pueda disponerse del coeficiente ( $Q_i$ ), a partir de la tabla 9.7.

**TABLA 9.4**

ESCALA	Mcal/m <sup>2</sup>	Qm
1	0 - 60	1,0
2	61 - 120	1,2
3	121 - 240	1,4
4	241 - 480	1,6
5	481 - 960	2,0
6	961 - 1920	2,4
7	1921 - 3840	2,8
8	3841 - 7680	3,4
9	7681 - 15360	3,9
10	> 15361	4,0

---

<sup>54</sup> Comité Europeo de Aseguradores.

TABLA 9.5

ESCALA	CLASIFICACION	C
1	Fe VI, Fe V, Fe IV	1,0
2	Fe III	1,2
3	Fe II	1,4
4	Fe I	1,6

TABLA 9.6

PORCENTAJE DEL MATERIAL DE MAYOR COMBUSTIBILIDAD CON RESPECTO AL PESO TOTAL	REPERCUSION SOBRE LA CLASE DE PELIGRO
---	---------------------------------------

Hasta 10%	La clase de peligro del material de mayor representación es determinante.
Del 10% al 25%	Se aumenta 1 grado la clase de peligro del material de mas fuerte representación.
Del 25% al 50%	Es determinante la clase de peligro del material de menor representación.

TABLA 9.7

ESCALA	Mcal/m <sup>2</sup>	Qi
1	0 - 80	0
2	81 - 180	0,2
3	181 - 280	0,4
4	281 - 400	0,6

El método, cuyo conjunto de cálculo proporciona el grado de riesgo (GR) del espacio, lo obtiene de la manera siguiente:

$$GR = \frac{(Q_m \cdot C + Q_i) \cdot B \cdot L}{W \cdot R_i}$$

siendo,

$Q_m$	coeficiente de carga calorífica
C	coeficiente de combustibilidad
$Q_i$	carga calorífica del inmueble
B	situación e importancia del sector corta fuegos
L	coeficiente para inicio de la intervención
W	factor de resistencia estructural
$R_i$	coeficiente de reducción del riesgo

#### 9.5.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El procedimiento seguido por el método del G.A. Purt es perfectamente válido en su aplicación al buque ya que proporciona un nivel de escala determinante de un mayor o menor riesgo de incendio debido a la carga calorífica presente.

Existe no obstante, una cierta dificultad cuando se trata de relacionar un determinado material en la clasificación CEA, que aún siendo extensa, no siempre abarca la totalidad de posibilidades que se dan a bordo. Por ello, y en todo caso, deberá realizarse una extrapolación cuidadosa cuando no se disponga de una clase de riesgo ajustada a la necesidad.

La corrección que determina la clase de peligrosidad en los casos de mercancías mixtas es útil en su aplicación a pañoles o incluso en bodegas, aunque en este último caso puede resultar demasiado engorroso bien por su variabilidad en mercancías como en la cantidad presente de uno a otro puerto, por lo que solo puntualmente, para los casos muy especiales, podría interesar su aplicación.

### 9.5.5 Del método M. Gretener

Por ser el método mas completo en el conjunto de sus planteamientos, el mas extensamente utilizado para la evaluación del riesgo de incendio en las actividades industriales en tierra tiene numerosas relaciones con documentos y aplicaciones que sin embargo no se ajustan a la actividad marítima, por lo que en la medida de los posible deberán cuantificarse ciertos valores por procedimientos que no estén condicionados por aquellos.

Para la carga calorífica ( $Q_m$ ) aportada por el contenido del espacio o sector de fuego se proporciona el coeficiente ( $q$ ) en función de la cuantificación en  $MJ/m^2$  (tabla 9.8).

**TABLA 9.8**

$Q_m$ en $MJ/m^2$	$q$	$Q_m$ en $MJ/m^2$	$q$
hasta 50	0,6	1201	1,6
51 75	0,7	1701	1,7
76 100	0,8	2501	1,8
101 150	0,9	3501	1,9
151 200	1,0	5001	2,0
201 300	1,1	7001	2,1
301 400	1,2	10001	2,2
401 600	1,3	14001	2,3
601 800	1,4	20001	2,4
801 1200	1,5	mas de 28000	2,5

Mientras, para la carga de incendio correspondiente al continente, a efectos de nuestra aplicación al buque, considerando que los elementos estructurales son de acero u otros metales incluidos en la clasificación de incombustibles, tienen una corrección por revestimientos según su consideración en:

Característica de los revestimientos	$q_i$
Metal .....	1,0
Elementos de combustión protegida...	1,05
Elementos combustibles.....	1,1

#### 9.5.5.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Una de las conclusiones del método es la referencia que hace de la carga térmica, definida como un peligro potencial pero no-real, con carácter poco representativo del riesgo de activación, de la velocidad de combustión y del riesgo que representa la velocidad de propagación del incendio.

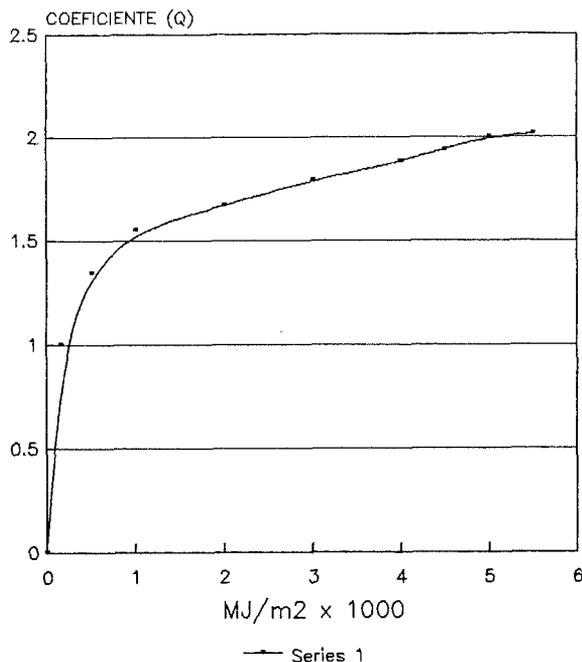
La cuantificación de la carga calorífica es similar a la empleada por otros métodos ya analizados anteriormente, aunque es evidente, respecto de aquellos, una disminución de los valores asignados a los coeficientes correspondientes de  $(q)$  y de  $(q_i)$ , posiblemente debido a la incidencia que del resultado total hacen el resto de coeficientes que el método aporta para la evaluación del riesgo de incendio a la actividad considerada, que de otro modo se vería inflada considerablemente.

Su aplicación al buque es perfectamente válida, teniendo en cuenta las consideraciones efectuadas en el método Purt para este factor de riesgo, en cuanto se hacía referencia al grado de combustibilidad que es corregido por su clasificación del catálogo CEA.

### 9.5.6 Del método E.R.I.C.

El método obtiene el valor del coeficiente ( $q$ ) por medio de una curva exponencial en base a la carga calorífica expresada en  $\text{MJ}/\text{m}^2$ , (fig. 9.9), coincidente con la tabla 9.8 indicada para el método de M. Gretener.

## COEFICIENTE ( $q$ )



Fuente: Metodo E.R.I.C.

Fig. 9.9

Sin embargo, para la carga de fuego que puede atribuirse al continente ( $q_i$ ), no emplea ningún coeficiente específico, si bien lo considera a través de otros varios relacionados con el número de plantas, geometría del espacio, etc., que serán analizados en el bloque correspondiente, por tanto, cabe suponer que la carga calorífica existente para el continente deberá añadirse a la del contenido y a partir de ella obtener el valor del coeficiente ( $q$ ).

#### 9.5.6.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

No existe ninguna contradicción para que el planteamiento seguido por el método E.R.I.C. para el cálculo de la carga calorífica pueda aplicarse al buque, ya que coincide plenamente con otros anteriores, asimismo aceptados.

## 9.5.7 METODOS SEGUN CONVENIOS SEVIMAR

### 9.5.7.1 Método según el SEVIMAR/83

El Convenio es taxativo respecto al contenido de materiales combustibles que deba equipar el buque en sus elementos estructurales, ya que expresamente indica:

Para buques de pasaje<sup>55</sup>:

1. Salvo los espacios de carga y destinados a correos y equipaje, todos los revestimientos, rastreles, cielos rasos y aislamientos serán de materiales incombustibles, así como las mamparas y cubiertas parciales a efectos de subdivisión.
2. Débil propagación de llama en las superficies de pasillos y troncos de escalera, revestimientos de mamparas y cielos rasos, de todos los espacios de alojamiento, de servicio y en los puestos de control y sus espacios ocultos o inaccesibles.
3. Las chapas empleadas para los recubrimientos citados en el punto anterior no tendrán una carga calorífica superior a  $45 \text{ MJ/m}^2$ .
4. El volumen del material utilizado no superará el volumen equivalente al de una chapa de madera de 2,5 mm. de espesor que recubriese la superficie total de las mamparas y de los cielos rasos.
5. Los revestimientos primarios de cubierta en el interior de espacios de alojamiento, de servicio y puestos de control, no se inflamarán fácilmente.
6. Se reducirán al mínimo el mobiliario en pasillos y troncos de escalera.

---

<sup>55</sup> Regla 34 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

Para buques de carga<sup>56</sup>:

1. Mantiene los criterios expuestos en los puntos 2 y 5 para los buques de pasaje.
2. Las pinturas, barnices y productos de acabado no encerrarán un excesivo riesgo de incendio.

Común a buques de pasaje y carga<sup>57</sup>:

1. Respecto a las características de los combustibles líquidos y aceites, no se utilizará ningún combustible líquido con un P.I. < 60°C, salvo para los generadores de emergencia (P.I. ≥ 43°C).
2. Podrán utilizarse combustibles con P.I. ≥ 43°C si la temperatura ambiente del espacio con el combustible puede ser controlada a ≥ 10°C inferior al P.I.

La expresión *no inflamable fácilmente* es aplicada<sup>58</sup>, si en las condiciones de las pruebas de ensayo y durante 15 minutos, no se producen llamas continuas. Cuando las llamas duren 10 o más segundos se considerarán como llamas continuas.

Por otro lado<sup>59</sup>, la expresión *débil propagación de la llama* se aplica solo a los materiales que, además de impedir en medida suficiente que las llamas se propaguen, no produzcan una cantidad apreciable de humo durante el ensayo.

Finalmente, existe otra referencia<sup>60</sup> a las condiciones de la

---

<sup>56</sup> Regla 49 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>57</sup> Regla 15, apartado 1 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>58</sup> Resolución A.214(VII). Procedimientos de ensayo para revestimientos primarios de cubierta.

<sup>59</sup> Resolución A.166(ES.IV). Directrices para la evaluación de los riesgos de incendio que entrañan los materiales.

<sup>60</sup> Regla 3, apartado 23 del Capítulo II-2 del SEVIMAR.

carga de fuego para *locales que contienen mobiliario y enseres cuyo riesgo de incendio es reducido*, en los que todos los muebles con cajones o estantes (escritorios, armarios, etc.) serán de materiales incombustibles, aunque podrán tener chapilla combustible que no exceda de 2 mm. de espesor para revestir sus superficies utilizables, mientras que todos los muebles no fijos (sillas, mesas, etc.) estarán contruidos con armazones de materiales incombustibles, considerados como tales, aquellos que no arden ni desprenden vapores inflamables en cantidad suficiente para experimentar la ignición cuando se les calienta a 750°C aproximadamente.

#### 9.5.7.2 Método según el SEVIMAR 74/78

Para los buques construidos entre el 25.05.80 y el 1.09.84, las exigencias respecto a la carga calorífica son:

En buques de pasaje que transporten mas de 36 pasajeros<sup>61</sup>

1. Mamparos, revestimientos y cielos rasos de todos los espacios de alojamiento y de servicio podrán ir cubiertos con chapa combustible de espesor no superior a 2 mm.. En los pasillos, troncos de escalera y puestos de control el espesor no excederá de 1,5 mm.
2. Las demás prescripciones coinciden con las mencionadas para el cumplimiento del SEVIMAR/83, incluidas las referentes a los combustibles y aceites.

En buques de pasaje que no lleven mas de 36 pasajeros:

1. Todos los revestimientos, rastreles, cielos rasos y aislamientos serán de material incombustible. Los acabados, molduras y madera chapada combustibles no excederán de un volumen equivalente al de una chapa de madera de 2,54 mm. de espesor que recubriera la superficie total de los mamparos y cielos rasos<sup>62</sup>.
2. Los revestimientos primarios de cubierta en el interior de los alojamientos, puestos de control y pasillos serán de materiales que no se inflamen fácilmente<sup>63</sup>.

En buques de carga<sup>64</sup>:

1. Los revestimientos de las cubiertas en los espacios de alojamiento situados sobre las cubiertas que constituyen el techo de los espacios de máquinas y de carga, serán de un tipo que no ardan con facilidad.

---

<sup>61</sup> Regla 27 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

<sup>62</sup> Regla 37 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

<sup>63</sup> Regla 41 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

<sup>64</sup> Regla 51 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

En buques tanque<sup>65</sup>:

1. Los revestimientos primarios de cubierta, si los hay, serán de materiales que no se inflamen fácilmente.
2. En los espacios de alojamiento y de servicio y puestos de control, los cielos rasos, revestimientos, mamparos y aislamientos serán de material incombustible, aunque podrán ir cubiertos de chapa combustible de espesor no superior a 2 mm., mientras que en pasillos, troncos de escalera y puertos de control no excederá de 1,5 mm.

#### 9.5.7.3 Método según el SEVIMAR/60

Basado en la utilización de uno de los tres métodos I, II, III, salvo éste último cuya estrategia consiste expresamente en la utilización restringida de materiales y mobiliario combustibles o muy inflamables.

Sin embargo, como norma general el criterio era:

1. Todos los revestimientos, rastreles, cielos rasos y aislamientos serán de material incombustible. Los acabados, molduras y madera chapada combustibles no excederán de un volumen equivalente al de una chapa de madera de 2,54 mm. de espesor que recubriera la superficie total de los mamparos y techos. Todas las superficies descubiertas en los pasillos y troncos de escaleras y en los espacios disimulados o inaccesibles deberán ofrecer un débil poder de propagación de la llama<sup>66</sup>.
2. Los revestimientos primarios de cubierta, si los hay serán de materiales que no se inflamen fácilmente<sup>67</sup>.

---

<sup>65</sup> Regla 57 Capítulo 57 del SEVIMAR 74/78.

<sup>66</sup> Regla 48 y otras del SEVIMAR/60.

<sup>67</sup> Regla 41 del SEVIMAR/60.

3. No hace especiales distinciones entre los buques de pasaje y de carga, si bien para estos últimos de registro superior a 4000 toneladas, repite el punto 2 de este apartado<sup>68</sup>.

---

<sup>68</sup> Regla 54 del SEVIMAR/60.

#### 9.5.8 RESUMEN AL PARAMETRO DE LA CARGA TERMICA

El control y tratamiento adecuado del parámetro representado por la carga térmica puede evitar el incendio si se llega a los extremos de emplear exclusivamente materiales incombustibles que no representen aportes de carga calorífica significativas, o en todo caso, el uso reducido de materiales con bajos aportes térmicos puede que no llegue a impedir la posibilidad del incendio, pero con toda seguridad sí, la virulencia y magnitud del mismo, de tal modo que pueda ser extinguido sin grandes esfuerzos por los medios disponibles.

Para la cuantificación del parámetro de la carga térmica en el método que se propone, deberán considerar la parte que corresponda al continente y al contenido.

**Para el continente.** (componentes estructurales)

1. Detectarse la presencia o no de materiales altamente provocadores de manifestaciones negativas, que en este caso es el poder calorífico.

A la vista de las tablas aportadas por los métodos Smith y Herpol, las sustancias mas relevantes son las que están relacionadas con las espumas de goma latex, poliuretanos, A.B.S. y de P.V.C.

La presencia de materiales cuyas características físicas y químicas en su comportamiento al fuego generen respuestas similares a los materiales mencionados, también deben ser considerados como tales.

La pregunta del test a efectuar, es:

**¿Puede asegurarse la ausencia de materiales tipo espumas goma latex, poliuretanos, A.B.S., P.V.C. ó similares, de carácter estructural?.....S/N**

2. Caso de confirmarse que tal tipo de materiales se encuentran instalados en el buque, es preciso valorar su importancia en el riesgo, bien por las cantidades utilizadas como por las áreas o zonas del buque en que se encuentran situadas, considerando su importancia en relación a las personas, función y destino para equipos de seguridad del buque, principalmente si éstos son de accionamiento manual.

Se considerarán como cantidades aceptables aquellas que se hayan destinado a tratamientos puntuales y específicos, no usadas como revestimiento generalizado de todo un compartimento.

La pregunta de test, será:

¿Son cantidades aceptables o situadas en zonas no conflictivas por su baja ocupación o no albergar equipos de seguridad de accionamiento manual?.....S/N

3. En consideración a las exigencias resultantes del Convenio SEVIMAR que le corresponda por su edad, el buque estará mas en consonancia con los nuevos planteamientos preventivos cuanto mas reciente sea su construcción, por ello, comparado el riesgo de incendio y sus consecuencias entre dos buques de distinto Convenio, el mas nuevo ofrece mas garantías que el de mas edad.

La pregunta del test, será:

¿Es un buque bajo cumplimiento del SEVIMAR 74/78 o de fecha posterior?.....S/N

4. Para los buques que cumplan con el Convenio SEVIMAR/60 no representará una penalización adicional el parámetro de la carga térmica debida al continente, siempre que no incorpore revestimientos en los mamparos y cubiertas, y sí en caso en contrario.

La pregunta de test, será:

¿Mamparos y cubiertas exentos de revestimientos para buques cumpliendo el SEVIMAR/60?.....S/N

Para el contenido: (no de las cargas sujetas a flete)

5. Conocida la presencia de materiales combustibles, en primer lugar se valorará la posibilidad o no de cuantificar la carga térmica que represente. Cuando conocida su existencia no pueda determinarse ni tan siquiera de forma aproximada, deberá entenderse que hay un nivel de riesgo no asumible y por tanto penalizable.

La pregunta de test, será:

De existir materiales combustibles, ¿puede calcularse su carga térmica?.....S/N

6. La consideración del riesgo de la carga térmica del contenido es cuantificada por los métodos Herpol, Purl y Gretener de forma similar y prácticamente coincidente, a partir de los 200 MJ/m<sup>2</sup> ó 48 Mcal/m<sup>2</sup>, por lo que una vez conocida la existencia de materiales y cuantificada su carga térmica deberá verse su implicación en el riesgo.

La pregunta de test, será:

¿Carga térmica del espacio considerado no excede de 200 MJ/m<sup>2</sup> ó 48 Mcal/m<sup>2</sup>?.....S/N

(valor orientable = 12 Kg/m<sup>2</sup> de madera)

7. Por último, es preciso conocer las características de aquellos materiales fungibles y renovables con el tiempo, que puedan resultar distintos a los originales de instalación, perdiendo por tanto la intencionalidad prevencionista exigible por el Convenio que le corresponda por su edad. Entre dichos materiales destaca el equipamiento de las cortinas, mobiliario, ropas y enseres, etc.

Uno de los procedimientos para conocer las cualidades citadas de cada material y equipo considerado, es la confrontación en base a los certificados, de la condición de débil propagación de la llama, lo que garantizará el cumplimiento de las exigencias resultantes de los Convenios SEVIMAR 74/78 y posteriores.

La ausencia de certificados es punible.

La pregunta de test, será:

**¿Se dispone de certificados de ensayo de los materiales fungibles y renovables para la condición de débil propagación de la llama?.....S/N**

## 9.6 RESISTENCIA AL FUEGO

### 9.6.1 Del método de G.A. Herpol

El método trata el parámetro solamente bajo el establecimiento del criterio, de que la resistencia al fuego de los elementos de separación debe ser adecuada al contenido, de tal forma, que la subdivisión de un espacio en compartimentos proporcione una medida para limitar la propagación del incendio hasta el inicio de la lucha contra el fuego. Por tanto, la resistencia al fuego (RF) pasa a ser una función del tiempo de intervención  $f(t)$ , siendo ésta una función de la organización de la lucha contra incendios  $f(LCI)$  con sus condicionantes debidas al número de sus componentes, formación, conocimientos y adiestramiento de la tripulación, equipos disponibles a bordo, etc.

Al mismo tiempo, al reducir la carga térmica del compartimento se aumenta la RF y por tanto el tiempo disponible para la intervención.

La cuantificación de la resistencia al fuego de los elementos estructurales del continente, es función de los valores obtenidos en la primera parte donde se calculaba la carga calorífica, tanto del continente como principalmente del contenido, corregidos por el índice de reacción al fuego  $R_a$ , que a su vez incluía los índices calorimétrico, inflamabilidad, propagación de llama, formación de brasa y humos, procedimiento que aparentemente impreciso, es no obstante el mas concreto de todos, ya que, si el propósito fundamental es aislar un riesgo de incendio evitando su propagación a otros volúmenes en el tiempo necesario para ser autoextinguido o bien atacado y extinguido por la intervención, si la resistencia estructural de los elementos coincide plenamente con la carga de fuego existente en el espacio, el objetivo será alcanzado con toda seguridad.

La aplicación del método precisa de una permanente evaluación en función de la variabilidad de la carga calorífica existente en cada momento, sobre todo si ésta es

al alza, lo que puede representar períodos de tiempo en que la protección ejercida por los elementos resistentes puede estar infravalorada y por tanto en substandares de seguridad.

Al mismo tiempo, el método debería proporcionar un baremo de incrementos porcentuales sobre el riesgo evaluado, o bien, como opino mas justificable, ser utilizado como una herramienta rápida para comprobación del equilibrio existente entre lo proporcionado por los elementos estructurales y lo disponible debido a la carga de fuego.

El método no precisa el procedimiento para conseguir ese grado de resistencia, si por materiales incombustibles o bien por las instalaciones protectoras contra incendios.

No obstante<sup>69</sup>, la duración ( $t_e$ ) en minutos de un incendio constituido exclusivamente por madera<sup>70</sup>, puede obtenerse por la expresión:

$$t_e = 3,4 \cdot P^{0,64} \quad \text{siendo } P \dots \text{ kg/m}^2$$

por lo que en caso de conocer la carga calorífica del espacio podría obtenerse por las tablas facilitadas por el método de G. Purt (p.e.) su equivalencia en kilos de madera por unidad de superficie y de esta forma calcular el tiempo teórico de fuego por la fórmula anterior.

#### **9.6.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque**

Por todo ello, constituye un método abierto que puede aplicarse a cualquier planteamiento preventivo, como es el caso de los buques, basada en elementos resistentes por una parte y materiales incombustibles por otra.

---

<sup>69</sup> Exposición de los temas y conclusiones desarrolladas en el Internationales Brandschutz-Seminar 1973, Zürich, Vol I, pp. 36.

<sup>70</sup> Norma ISO R 1182.

### 9.6.2 Método de los factores alfa ( $\alpha$ )

Proporciona el grado de resistencia al fuego, principalmente en función de la carga de fuego y la superficie del sector de incendio tal como fue analizado en el parámetro de la carga térmica, y además por otros factores  $\alpha$  relativas a las salidas de evacuación, vigilancia, personal de intervención, dificultades previstas para la extinción y equipos especiales que fueran necesarios para realizarla (cada uno de dichos factores será analizado como parámetro en el conjunto de los métodos).

Es significativo por tanto, que el método proporciona una orientación al grado de resistencia que precisa un espacio dado, que podrá ser coincidente o no con otros criterios establecidos previamente o proporcionados como mínimos por una determinada legislación.

Por ello, si solo se considera el factor  $\alpha_1$  o incluso con el factor  $\alpha_2$ , ambos relacionados con la carga de fuego y el espacio en que están confinados, su aplicación directa en la gráfica determinativa de la resistencia al fuego, es inmediata, una vez corregida por un coeficiente  $\beta$  que adquiere el valor de 1,3 para los elementos resistentes principales y de 1,2 para los secundarios.

Por tanto la cifra de valoración  $V$  se obtiene de:

$$V = \beta \cdot \sum \alpha_{(n)}$$

La presentación de la gráfica y su utilización se muestran en la fig. 9.10.

#### 9.6.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Los comentarios generales al método indicados en el apartado anterior, sirven de suficiente apoyo para la utilización (cuando sea posible) a nivel de comprobación con las

exigencias procedentes del SEVIMAR, de tal forma que si del método resultaran superiores, cabría considerar la aplicación de algún procedimiento preventivo o protector a los elementos estructurales del espacio para aumentar su resistencia al fuego, no entrando en contradicción con aquellas por ser condiciones mínimas y no máximas, por tanto de posible modificación al alza.

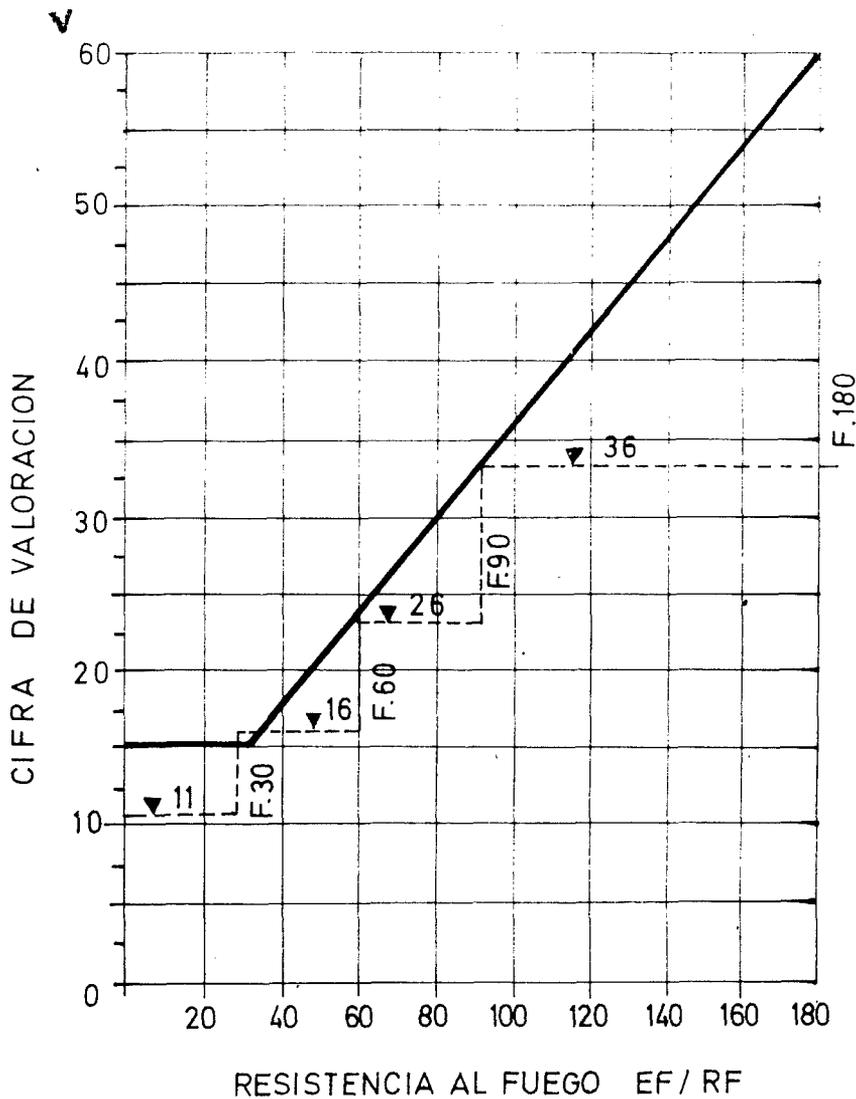


Fig. 9.10

### 9.6.3 Método de los factores K

El método hace un planteamiento similar al anterior (método factores  $\alpha$ ), aunque con otros índices de valoración, y un cálculo directo del grado de resistencia necesario. Es decir, precisa de una gráfica representada en la fig. 9.11, para la obtención de un único valor del coeficiente reductor  $K$ , acotado entre los valores de 0,2 a 1, a partir del cual se aplica directamente a la cuarta parte de la carga de fuego, dando el resultado pedido sin ayuda de otras gráficas.

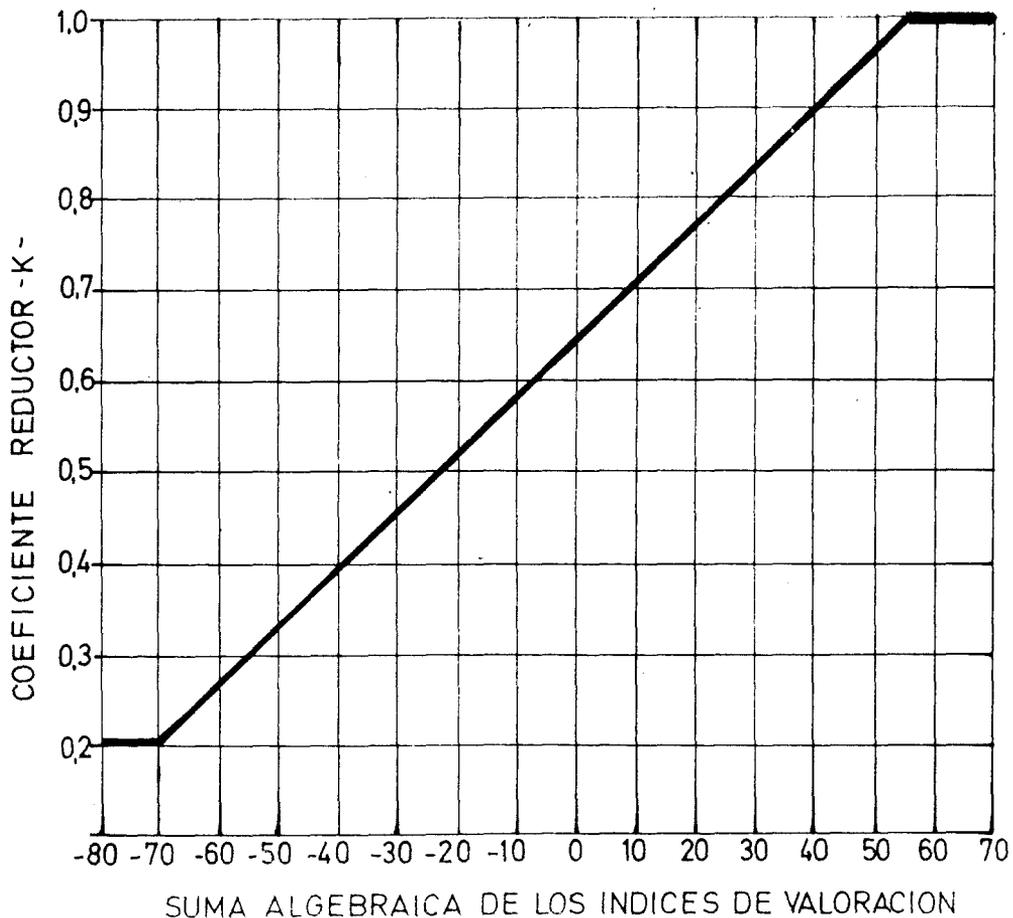


Fig. 9.11

Los parámetros considerados por el método, son las alturas de las superestructuras, la superficie del sector de incendio, el destino del local, el peligro de propagación, equipos materiales y humanos disponibles y el tiempo requerido para iniciar la intervención, aspectos que serán tratados posteriormente por separado.

#### 9.6.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Cabe citar las mismas conclusiones indicadas para el método de los factores  $\alpha$ , a mi entender utilizables indistintamente según las necesidades, aunque sin embargo deberían utilizarse los dos de forma complementaria a la vez que de comprobación, aceptando el valor mas alto a efectos de la seguridad.

#### 9.6.4 Método de G. Purt

No es objetivo del método obtener el grado de resistencia al fuego de las estructuras, sino que tal aspecto está incorporado, entre otros, como un parámetro más para la adopción o justificación de medidas protectoras basadas en instalaciones fijas.

La cuantificación del coeficiente ( $w$ ) corresponde a la clase de resistencia al fuego, aportada como dato no como resultado, siendo solo válido para nuestro interés a efectos comparativos con otros métodos, la equivalencia que relaciona con la carga calorífica, según se indica en la siguiente tabla 9.12:

ESCALA	RF	W	KG/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>
1	30	1,0	--	--
2	30	1,3	37	148
3	60	1,5	60	240
4	90	1,6	80	320
5	120	1,8	115	460
6	180	1,9	155	620
7	240	2,0	180	720

##### 9.6.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Por el procedimiento indirecto que trata el aspecto de la resistencia al fuego de los elementos estructurales, y bajo el propósito de este trabajo, no merece su consideración específica sino tan solo en aquellas posibles relaciones que puedan darse con otros planteamientos.

#### 9.6.5 Método de M. Gretener

Una vez mas cabe destacar que dentro de la minuciosidad con que son tratados los parámetros del riesgo de incendio, también el correspondiente a la resistencia al fuego es ampliamente considerado, si bien, cae fuera de la esfera de aplicación a los buques ya que las estructuras portantes, las llamadas fachadas, forjados y demás consideraciones, corresponden todas ellas a una aplicación exclusivamente válida, a tipos de construcción usuales en actividades terrestres difícilmente compatibles a las existentes en la actividad marítima, de ahí que este factor según el planteamiento del método de M. Gretener no sea considerado.

#### 9.6.6 Método E.R.I.C.

Establece valoraciones del coeficiente correspondiente, en base a una resistencia al fuego inicial, tanto del compartimento como de los elementos estructurales, corrigiendo ambos por factores relacionados con las aperturas entre niveles, en tabiques, conductos no protegidos y escaleras, en función de la superficie que presentan, todo ello pensado en las consecuencias de la propagación de humos por dichas aberturas.

##### 9.6.6.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Tampoco este método permite obtener un criterio directo sobre la resistencia al fuego de los elementos estructurales, ya que se parte de este parámetro como dato para obtener, en todo caso, aspectos relacionados con aquel.

### 9.6.7 Métodos según SEVIMAR/83 y SEVIMAR 74/78

El parámetro de la resistencia estructural es el mas cuantificado de todos los que se tratan en los Convenios SEVIMAR debido a las características y condiciones que deben asumir los buques.

Así, las Partes B<sup>71</sup>, C<sup>72</sup> y D<sup>73</sup> del SEVIMAR/83, *prescriben* con toda claridad en un total de 40 reglas, las características y comportamiento al fuego de los elementos estructurales, básicamente relacionados con su resistencia al fuego.

Para ello, se basa en principio por el contenido de Directrices<sup>74</sup> y Recomendaciones<sup>75</sup> que garantizan las cualidades del tipo de material que debe ser utilizado en la construcción del buque en sus elementos estructurales, y paralelamente en función de la anterior condición, el uso estricto de los materiales constituyentes de los elementos que el Convenio determina en los cuadros de resistencia al fuego para cumplir con las especificaciones de las *divisiones* y sus *clases*, que luego constituyan el cumplimiento de las exigencias para las *zonas verticales principales, espacios de carga, espacios de máquinas, puestos de control, espacios de categoría especial, etc.*

La diferencia fundamental entre los Convenios SEVIMAR de 1983 y del 74/78, estriba en que este último articula la Parte

---

<sup>71</sup> Medidas de Seguridad contra incendios en buques de pasaje.

<sup>72</sup> Medidas de seguridad contra incendios en buques de carga.

<sup>73</sup> Medidas de seguridad contra incendios en buques tanque.

<sup>74</sup> Resolución O.M.I., A.214(VII). Directrices provisionales mejoradas aplicables a los procedimientos de ensayo para revestimientos primarios de cubierta.  
Resolución O.M.I., A.166(ES.IV). Directrices para la evaluación de los riesgos de incendio que entrañan los materiales.

<sup>75</sup> Recomendación O.M.I., Resolución A.517(13) Procedimientos de ensayo de exposición al fuego para divisiones de clase A, B y F.

F<sup>76</sup>, debido al arrastre de procedimientos sometidos por los Métodos del anterior Convenio SEVIMAR/60.

#### 9.6.8 Métodos utilizados por el SEVIMAR/60

Si en los posteriores Convenios, el Capítulo II se dividió en dos, de tal forma que el tema de la protección contra incendios adquiriría la importancia de un solo Capítulo por la denominación Capítulo II-2, en el Convenio SEVIMAR/60 se destina las partes D<sup>77</sup>, E<sup>78</sup> y F<sup>79</sup> del Capítulo II, con evidentes diferencias con los futuros, al partir de la adopción de alguno de los *Métodos I, II y III* de protección o combinación de los mismos.

Lo mas significativo a destacar, es que la integridad al fuego de los mamparos y cubiertas era sustancialmente inferior.

##### 9.6.8.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Sea cual sea la edad de un buque, este deberá cumplir con las exigencias que le correspondan según el Convenio de aplicación en vigor y por su fecha de construcción, por tanto, no estando obligados a modificar tales condiciones, el parámetro de resistencia al fuego de los elementos estructurales no podrá ser cuantificado por lo que realmente tiene, del que se debe dar por supuesto que cumplía estrictamente con la reglamentación vigente, sino por las posibles variaciones que puedan darse por su edad,

---

<sup>76</sup> Medidas especiales de seguridad contrincendios en los buques de pasaje existentes.

<sup>77</sup> Protección contra incendios.

<sup>78</sup> Detección y extinción de incendios en los buques de pasaje y en los buques de carga.

<sup>79</sup> Disposiciones generales para caso de incendio.

penalizando las diferencias que puedan representar para la seguridad de las personas y del propio buque las exigencias de orden menor al ser comparadas con las mas recientes.

#### 9.6.9 RESUMEN AL PARAMETRO DE LA RESISTENCIA

El procedimiento que utilizan los métodos en cuanto a la determinación de resistencia al fuego de los elementos limitadores o seccionadores de un riesgo global, no coinciden plenamente con las exigencias aportadas por los Convenios SEVIMAR, ni en varios casos, con las características de construcción y estructurales debido a su procedencia de aplicación terrestre.

No obstante, para el método que se propone, debe considerarse la resistencia de los elementos bajo los condicionantes representados por las cargas térmicas que puedan encontrarse en el compartimento dado, y de su posible variabilidad o frecuencias de utilización en el tiempo.

La pregunta del test a efectuar, es:

**¿No se depositan materiales con cargas térmicas superiores a la resistencia al fuego del compartimento?.....S/N**

Por el método de G. Purt y la tabla de los coeficientes (w) puede determinarse la carga térmica que corresponde a una resistencia al fuego (RF) de 60 y 30 minutos, máximos en consonancia con las divisiones de Clase A y de Clase B respectivamente, reflejadas a partir del SEVIMAR 74/78.

Las preguntas del test a efectuar, son:

**¿No se superan cargas térmicas de 240 Mcal/m<sup>2</sup> en los compartimentos con divisiones de Clase A?.....S/N**  
(valor orientable = 60 Kg/m<sup>2</sup> de madera)

¿No se superan cargas térmicas de  $148 \text{ Mcal/m}^2$  en los compartimentos con divisiones de Clase B?.....S/N  
(valor orientable =  $37 \text{ Kg/m}^2$  de madera)

¿Pleno convencimiento en el cumplimiento de los dos items anteriores, en todo el buque?.....S/N

Por la edad del buque, cumplimiento requisitos del SEVIMAR/60 o anteriores, la penalización corresponde a un buque que con frecuencia (siempre) incorpora materiales incombustibles en su sistema estructural y además el agravante de una menor resistencia estructural al ser menores las exigencias.

La pregunta a efectuar en el test, es:

¿Es un buque bajo cumplimiento del SEVIMAR 74/78 o de fecha posterior?.....S/N

## **9.7 Combustibilidad**

### **9.7.1 Del método E.E. Smith**

El término *combustibilidad* aplicado a cada combustible, incluye la inflamabilidad y la velocidad de propagación de la llama, además de la energía calorífica emitida que fue valorada previamente.

La cuantificación de la combustibilidad es obtenida como los otros parámetros que maneja el método, mediante las tres exposiciones ya conocidas y relacionadas en la tabla 9.1 del método E. E. Smith (carga térmica).

#### **9.7.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque**

Cabe mencionar una vez mas la bondad del método y las excelentes aplicaciones que se extraen con los datos que aporta, pero la estrechez cuantitativa de los materiales experimentados hace que su aplicación al buque resulte prácticamente imposible al no ser, hoy en día, materiales utilizados en la construcción naval, por lo que, también para este parámetro, sigue teniendo interés por los planteamientos utilizados en la investigación.

### 9.7.2 Del método de G. A. Herpol

Tal como se comentó en el análisis del planteamiento de la carga térmica que realizaba el método, la combustibilidad del producto o material seleccionado estaba dividido en varios índices, incluidos en el índice general de reacción al fuego ( $R_g$ ), proporcionando información sobre su comportamiento en las llamas, siendo dichos índices:

- I, índice de inflamabilidad
- P, índice de propagación de la llama en superficie
- E, índice de formación de brasa
- F, índice de humos (subíndices de opacidad, toxicidad y corrosividad).

sin embargo, dada la dificultad existente tanto en su disponibilidad como en su tratamiento, es complicado su utilización, resultando incómodo a efectos de aplicación.

Debe destacarse la importancia del índice E, dato no facilitado por los otros métodos, que considero interesante cuando es relacionable con el sistema o instalación protectora que dispone un espacio dado, de darse la característica de formación de brasas ya que puede representar la idoneidad o no del agente extintor utilizado.

#### 9.7.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Si bien los materiales analizados en la tabla 2 expuesta en el método Smith (carga térmica) son válidos por la utilización que de ellos se realiza a bordo, solo unos pocos podrían seleccionarse al considerar la capa en mm. con que fueron obtenidos los datos (bakelita, tablero duro, piso P.V.C. poliestireno no expandido), ya que como fue comentado en el planteamiento de la resistencia al fuego, los revestimientos combustibles autorizados por el SEVIMAR correspondiente, solo permiten grosores que no superan los 2 mm., si bien el volumen equivalente puede llegar al de una chapa de madera de 2,5 mm.

### 9.7.3 Del método de los factores ALFA ( $\alpha$ )

La aportación del método al parámetro de la combustibilidad está solo relacionada con la propagación del incendio al considerar el estado de los materiales según las condiciones de estiba presentes, no por las características físicas y químicas de las sustancias implicadas, como sería la velocidad de propagación de las llamas en la superficie inflamada, ni los parámetros de emisión de humos y gases tóxicos.

Dichas consideraciones las hace a través del coeficiente ( $m$ ) cuyos valores han sido indicados en la tabla 9.3 de los factores alfa (carga térmica).

#### 9.7.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

No puede decirse que el método trate el parámetro de la combustibilidad, aunque la disponibilidad del coeficiente ( $m$ ) sea aplicable como un procedimiento indirecto indicador del comportamiento al fuego de los materiales que el método proporciona en la tabla.

#### 9.7.4 Del método de G. Purt

El método aplica un coeficiente de combustibilidad (C) cuyos valores se hayan relacionados en la tabla 5 del método Purt (carga térmica) obtenidos según la clasificación CEA y cuantificados por el método de M. Gretener, corregida por el criterio de peligrosidad de mercancías mixtas que repercute sobre la clase de peligro, según se expuso en la tabla 6 del mismo apartado señalado.

Sin embargo, el método de G. Purt proporciona otro coeficiente al que puede aplicarse las mismas consideraciones expuestas para el método de los coeficientes  $\alpha$  del apartado C anterior, ya que también trata la combustibilidad a través de su relación con la estiba, si bien se diferencia del anterior, por cuanto no lo aplica a materiales específicos sino en términos generales, y además, el factor que lo representa denominado *coeficiente de reducción*  $R_i$  es aplicado mediante un criterio de apreciación subjetivo.

Los valores del coeficiente  $R_i$  se obtienen en la tabla 9.13.

TABLA 9.13

Escala	Apreciación	$R_i$	Datos
1	Mayor que normal	1,0	Estiba muy abierta o poco compacta.
2	Normal	1,3	Estiba medianamente abierta y poco compacta.
3	Menor que normal	1,6	Estiba muy densa o condiciones muy favorables de evacuar el calor.
4	Muy pequeño	2,0	Estiba muy densa y combustión lenta.

#### 9.7.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Son válidas las conclusiones que de su aplicación se hacían para el parámetro de la carga térmica.

#### 9.7.5 Métodos E.R.I.C. y M. Gretener

Ambos métodos utilizan el mismo procedimiento para determinar el factor (c) de la combustibilidad, referida también en este caso al Catálogo CEA. Debe hacerse constar que todos los métodos que utilizan dicho catálogo (p.e.: G. Purt), lo hacen aplicando el criterio a los productos como actividades, es decir, no como productos almacenados, como sería el caso de los buques, sino como productos manipulados y procesados industrialmente para su obtención, lo que evidentemente separa sustancialmente su posible aplicación a los buques, al constituir éstos un medio de transporte y no un proceso de transformación. Sin embargo, recientemente el método de M. Gretener ha sufrido un proceso corrector para adecuarlo a las necesidades de aplicación más realistas, donde también se consideran los parámetros de la combustibilidad y carga térmica en almacenamientos.

Como es lógico, el procedimiento para obtener el coeficiente correspondiente a la combustibilidad es su búsqueda en el catálogo CEA, pero a efectos de su aplicación al buque y solo para los almacenamientos posibles, se detallan los más significativos: (tabla 9.14)

<u>PRODUCTO</u>	<u>VALOR (c)</u>
Aceites comestibles.....	1,2
Alambre metálico aislado.....	1,2
Algodón en rama, guata.....	1,2
Aparatos domésticos.....	1,2
Aparatos eléctricos.....	1,2
Aparatos electrónicos.....	1,2

Armarios frigoríficos.....	1,2
Barnices.....	1,6
Bebidas alcohólicas.....	1,2
Cajas de madera.....	1,2
Colchones no sintéticos.....	1,2
Cordelerías.....	1,2
Diluyentes.....	1,6
Productos droguería.....	1,2
Espumas sintéticas.....	1,2
Fibras de coco.....	1,2
Harina en sacos.....	1,2
Restos de madera.....	1,2
Muebles de madera.....	1,2
Paneles de madera aglomerada.....	1,2
Productos químicos combustibles.....	1,4
Balas de algodón.....	1,2
Textiles.....	1,2
Mantas.....	1,2
Ropa de cama.....	1,2

De la relación cabe destacar, que los productos combustibles sin ninguna característica especial tienen un coeficiente de 1,2.

Los que presentan una condición o riesgo mas desfavorable, como es el caso de los productos químicos combustibles, se les aplica el coeficiente 1,4.

Solo los productos altamente inflamables y líquidos, como los barnices y diluyentes, tienen el mas elevado coeficiente de 1,6.

Por otro lado, tanto el método E.R.I.C. como el M. Gretener, hacen mención para los casos de presencia variada de productos, el que deba tenerse en cuenta el material con valor de (c) mayor, sin embargo, ella debe representar el 10% como mínimo del conjunto de la carga de incendio del contenido ( $Q_m$ ).

#### 9.7.5.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Tanto uno como el otro, en cuanto a este parámetro, los métodos son aplicables al buque, que a la vista de su amplia aceptación parece ser el procedimiento mas adecuado para el tratamiento del parámetro de la combustibilidad.

Sin embargo a efectos de su aplicación al buque, dado que en la mayoría de ellos se encuentran los mismos productos por las necesidades consideradas normales de la actividad a bordo, no podrán ser entendidas como una elevación del riesgo normal, salvo en los casos de que exista un stock por encima de lo corriente, o se detecte que son altamente peligrosos pudiendo ser sustituidos por otros de menor riesgo, o no se encuentren estibados en la forma correcta por razón de sus características.

### 9.7.6 Método utilizado a bordo según Convenios SEVIMAR

También para este parámetro se disponen numerosas referencias en el articulado de los Convenios.

Dichas referencias son específicas y concretas para determinados aspectos del buque, si bien referidas a los términos de *combustible o incombustible*, mientras que para otras son indefinidas al ser utilizada la expresión *no encerrarán un excesivo riesgo de incendio*.

Como principales cabe distinguir:

#### 9.7.6.1 Del SEVIMAR/83

- . Uso restringido de materiales combustibles como uno de los principios fundamentales del Capítulo II-2, Regla 2.
- . Definición de *material incombustible*, Regla 3.
- . *Materiales incombustibles aprobados*, como aquellos que han pasado los procedimientos de ensayo adoptados y recomendados por la Organización.
- . Criterio de *riesgo de incendio reducido*, aplicable al mobiliario y limitado por uso de material combustible de los revestimientos en espesor no superior a 2 mm.
- . Los conductos de ventilación serán de material incombustible, Regla 16.
- . Puertas, marcos y rejillas de las divisiones de clase "B" de materiales incombustibles, Reglas 25 y 31.
- . En buques de pasaje < 36 pasajeros y Método IC podrán utilizar puertas de material combustible dentro de los camarotes que separen las instalaciones sanitarias tales como duchas, Regla 47.
- . Integridad al fuego de los alojamientos según el grado de riesgo de incendio, dividida en escaso, moderado y considerable, en general espacios públicos con mobiliario y enseres en superficies en mas o menos 50 m<sup>2</sup>.
- . Todas las referencias que en el articulado se hacen con la expresión *serán de acero*.
- . Materiales incombustibles en la construcción y aislamiento de mamaparos límite de espacios de máquinas, puestos de control, espacios de servicio, etc. en los buques de carga, sea cual sea el Método de protección utilizado, Regla 42.
- . Las referencias que del material incombustible se hacen en los detalles de construcción según los Métodos IC, IIC y IIIC, Regla 50.

#### 9.7.6.2 Del SEVIMAR 74/78

No hay diferencias apreciables en los planteamientos que de la característica de combustibilidad se hacen respecto al SEVIMAR/83 ya mencionados.

#### 9.7.6.3 Del SEVIMAR/60

Las referencias mas sustanciales lo son respecto al cumplimiento de los requisitos que los Métodos de protección I, II y III hacen mención.

#### 9.7.6.4 Consideraciones al método y su aplicación al buque

No existen diferencias sustanciales en el tratamiento que de la combustibilidad se hacen en los Convenios SEVIMAR 74/78 Y SEVIMAR/83, mientras que el objetivo de la protección contra incendios del SEVIMAR/60 no incluía todavía el principio fundamental de los posteriores, referente al uso restringido de los materiales combustibles, consecuencia lógica ya que numerosas partes del buque podían estar construídas de madera y la técnica de aplicaciones pirorretardantes y protección de superficies no alcanzaba los niveles necesarios para su completa aceptación.

Por tanto, cabe deparar un trato diferencial entre el primero y los posteriores Convenios, en orden a las esperadas cantidades de materiales combustibles según la edad del buque y el Convenio aplicable.

9.7.7 RESUMEN GENERAL AL PARAMETRO DE LA COMBUSTIBILIDAD

1. La extracción de cualquier conclusión respecto al tema de la combustibilidad de los materiales que puedan encontrarse a bordo, debe hacerse principalmente sobre el contenido existente en determinados espacios que, por su destino y finalidad, representan un almacenamiento extraordinario de materiales combustibles. Estos espacios son necesariamente los pañoles y armarios de respetos, que si bien son generales en todos los buques y por tanto no pueden ser considerados como riesgos especiales, pueden variar sustancialmente tanto su disposición como las cantidades allí depositadas, además de una cierta variabilidad en cuanto a los propios materiales, por cuanto pueden o no, ser seleccionados bajo criterios prevencionistas, cuando expresamente se reducen ciertos productos de mayor riesgo por otros mas adecuados, justo es por tanto, que deba distinguirse el grado de riesgo a través de los coeficientes.

Las preguntas para el test, son:

¿Se consideran lógicas las cantidades de productos combustibles para uso normal, teniendo en cuenta el tipo de buque y tráfico asignado?.....S/N

¿Puede considerarse que la mayoría de los materiales no significan una combustibilidad elevada?.....S/N

¿Los productos de mayor riesgo por su combustibilidad son insustituibles por otros de menor riesgo?.....S/N

2. Un aspecto que se consideró importante en el análisis de los métodos de los factores  $\alpha$  y de G. Pirt, es la disposición que presentan los materiales combustibles en cuanto a la estiba, baja densidad y extensión en superficie respecto al

total del compartimento, por ello, centrando el tema al aspecto mas negativo, será considerado de mayor riesgo aquellos materiales combustibles que se encuentren en estibas poco compactas y ocupando una superficie extensa.

La pregunta de test, será:

¿Materiales depositados en estibas compactas y superficies reducidas?.....S/N

3. La necesidad de establecer ciertas diferencias por las características de combustibilidad que puedan representar las distintas materias estibadas, que en base a los comentarios efectuados al catálogo CEA, pueden considerarse excepcionales aquellos que se vean incluidos en la clasificación de productos químicos combustibles y los líquidos altamente inflamables, considerándose como tales, aquellos que tengan una temperatura de inflamación inferior a 27° C y una tensión de vapor inferior a 0,6 Kg/cm<sup>2</sup>.

Las preguntas de test, serán:

¿Productos químicos combustibles y líquidos altamente inflamables estibados en paños o compartimentos especiales y específicos?.....S/N

¿Ausencia de productos químicos combustibles?....S/N

¿Ausencia de productos líquidos altamente inflamables, considerados como tales aquellos con temperatura de inflamación inferior a 27° C y tensión de vapor inferior a 0,6 Kg/cm<sup>2</sup>.....S/N

## 9.8 Generación de humos, gases tóxicos y corrosividad

### 9.8.1 Del método de E.E. Smith

La producción de humos y gases tóxicos de los materiales que entren en combustión es uno de los parámetros que sirven al método para definir la expresión *peligrosidad del fuego*.

El método experimental mide el humo emitido en la combustión por la densidad óptica<sup>80</sup> del aire ( $D_s$ ) que abandona la cámara del horno por su parte superior, calculada por:

$$D_s = 0,0457 \int_{t_i}^{t_0} R \cdot dt \quad \text{siendo R el gradiente de emisión humo}$$

mientras que la toxicidad de los mismos y sus gases son analizados hasta su identificación mediante los análisis realizados con espectrofotometría y cromatografía.

La evolución temporal de los humos emitidos y su toxicidad están directamente relacionados con la pérdida de vidas humanas, complicaciones ante operaciones de salvamento y rescate adicionales y en general una dificultad añadida a las tareas consecuentes con la intervención.

La Tabla 1 expuesta por el método Smith, proporciona el máximo gradiente de emisión de humos y la generada en los tres primeros minutos de combustión medidas en partículas por segundo y unidad de superficie. Una partícula de humo fue definida arbitrariamente, como la concentración por pie cúbico de aire que reduciría un 10% la transmisión de luz a un pie de distancia.

Se obtuvieron entre otros, datos como que al quemar un tubo de PVC proporcionó una concentración superior a 150 ppm de HCl solo 5 minutos después de iniciada la combustión (TLV 5 ppm), mientras que a los 8 minutos de iniciado el fuego, un tubo de ABS produjo tal cantidad de humo que no podía distinguirse la señal de salida situada a medio metro de distancia.

---

<sup>80</sup> Gross, D. "Methods for measuring Smoke from burning Materials, ASTM STP 422, 1967.

#### 9.8.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El método sigue proporcionando datos interesantes para la determinación del comportamiento de las sustancias investigadas, en este caso para la cuantificación de los humos emitidos y la peligrosidad que por su toxicidad pueda representar para la vida humana.

La disponibilidad de datos sobre un gran número de materiales podría representar la determinación de tablas, que incluso derivaran en coeficientes de fácil utilización, pero esas tablas no están disponibles, aunque debe suponerse que procedentes de otras fuentes de investigación dentro del área de la química si puedan existir, aunque no siempre sean coincidentes con el procedimiento de trabajo seguido por este método.

### 9.8.2 Del método de G. A. Herpol

Uno de los índices que el método utiliza incluidos en la reacción al fuego ( $R_g$ ), es el denominado (F) que proporciona la información sobre los humos en tres subíndices (opacidad, toxicidad y corrosividad).

Esos tres conceptos son también tenidos en cuenta por otros métodos, por lo cual, debido a la dificultad en poder obtener los resultados del método G.A. Herpol, cabe esperar que los datos de las otras fuentes sean coincidentes con una muestra general, ya que lo son en los coeficientes que proporcionan.

#### 9.8.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Aún estando en la línea correcta de considerar las influencias del humo y los gases corrosivos resultantes de la combustión de los materiales investigados, no se podrá obtener una aplicación a bordo a menos de disponer suficiente información para mas tarde traducirla a coeficientes manejables por el método.

### 9.8.3 Del método de G. Purtt

El método aplica un factor (F) al riesgo del contenido que corresponde a la acción del humo, relacionándolo con el efecto nocivo para las personas, bien por su toxicidad bien por el porcentaje de generación de pánico.

La tabla 9.15 relaciona el valor de (F):

TABLA 9.15

ESCALA	DATOS	VALOR F
1	. Sin peligro particular de humos o corrosión.	1,0
2	. Mas del 20% peso total son materias que desprenden mucho humo o tóxicos. . O zonas corta fuego sin aberturas.	1,5
3	. Mas del 50% peso total son materias que desprenden mucho humo o tóxicos. . O mas del 20% peso total son materias que desprenden gases de combustión corrosivos.	2,0

Como puede observarse no diferencia la influencia que pueda corresponderle al considerar por separado a los efectos del humo de aquellos producidos por los humos corrosivos de la combustión, aspecto tratado por otros métodos.

#### 9.8.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Su aplicación es posible al buque aunque puede resultar algo limitada por el único planteamiento generalizado a los dos aspectos que encierra el factor (F).

#### 9.8.4 Del método E.R.I.C.

El método hace una clara diferenciación entre el peligro potencial (F) que la opacidad del humo (f) y su toxicidad (i) puede representar para las personas y del que pueda relacionarse con los bienes por efecto de los humos (f') y la corrosión (k) sobre el elemento estructural o de equipamientos.

La cuantificación de los coeficientes los realiza a partir del conocimiento previo del comportamiento del material y sus respuestas de emisión.

La tabla 9.16 muestra los coeficientes que el humo representa para una u otra aplicación.

TABLA 9.16

VALOR F	CONCEPTO DE F	COEF. f	COEF. f'
0	Sin peligro de humo	1	1
1	Humo poco opaco	1,1	1,1
2	Humo opaco	1,4	1,2
3	Abundante humo opaco	1,6	1,3

Para el coeficiente de toxicidad se aplica el valor de 1 para los casos de sin peligro y de 1,2 para las sustancias que si lleven intrínseca la generación de vapores que representen un peligro para las personas.

La tabla 9.17 muestra el coeficiente aplicado para el peligro de corrosión.

TABLA 9.17

VALOR K	CONCEPTO DE K	COEF. k
0	Acción no corrosiva	1
1	Acción corrosiva media	1,2
2	Acción corrosiva elevada	1,4

#### 9.8.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El método considera los aspectos e influencias del humo y los cuantifica en coeficientes, en principio válidos para su aplicación a bordo, si bien queda con una cierta inconcreción por la valoración subjetiva que se realiza sobre el grado de emisión de los agentes negativos.

Si bien, es muy interesante que diferencie claramente la importancia que para el ser humano y los bienes representa. Mientras, para el coeficiente  $k$  cabría esperar una valoración adicional de  $K$  que considerara el efecto posterior que pueden sufrir los elementos estructurales por la acción tardía de los agentes corrosivos.

### 9.8.5 Del método de M. Gretener

El método considera el peligro de humo bajo el coeficiente (r) y los peligros de corrosión y de toxicidad bajo el coeficiente (k).

Para todos ellos, la materia que tenga el valor (r) o (k) mayor, será determinante, sin embargo, debe representar al menos la décima parte del conjunto de la carga térmica ( $Q_{\text{f}}$ ) contenida en el compartimento considerado. Si existen materias con gran peligro de emisión de humos, corrosión o toxicidad, siendo su participación en la carga mobiliaria total inferior al 10%, el coeficiente tendrá el valor de 1,1. Los valores que adquieren los citados coeficientes se indican en la tabla 9.18.

**TABLA 9.18**

GRADO	PELIGRO	COEF. r	COEF. k
1	NORMAL	1,0	1,0
2	MEDIO	1,1	1,1
3	GRANDE	1,2	1,2

#### **9.8.5.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque**

Como puede observarse, el método Gretener no hace distinción al considerar estos tres aspectos, la carga de influencia que representan separadamente para la seguridad de las personas y la seguridad de los bienes, considerándolo globalmente en el cálculo del peligro potencial como un condicionante de dificultad para la intervención y la evacuación o un determinante de daños por efecto de la corrosión.

Su aplicación al buque también es aceptable, aunque en su planteamiento también resulta inconcreto en cuanto a los criterios que determinan el grado aplicable.

## 9.8.6 Métodos según Convenios SEVIMAR

### 9.8.6.1 Referencias en el SEVIMAR/83.

La referencia a los humos se encuentra principalmente relacionada con las características de los elementos estructurales de las divisiones de clase A, al decir que estarán construidas de manera que entre otras, impidan el paso del humo<sup>81</sup>, o que las pinturas, barnices y otros productos de acabado utilizados en superficies interiores descubiertas no producirán cantidades excesivas de humo ni de otras sustancias tóxicas, o que los revestimientos primarios de cubierta aplicados en el interior de espacios de alojamiento y de servicio y puestos de control tampoco originen riesgos de toxicidad<sup>82</sup>, todo ello para los buques de pasaje.

Cuando se aplican para buques de carga, las pinturas, barnices y acabados no producirán cantidades excesivas de humo (sin la exigencia de limitación en las sustancias tóxicas), y los revestimientos primarios de cubierta no originarán riesgos de toxicidad<sup>83</sup>.

### 9.8.6.2 Referencias en el SEVIMAR 74/78.

Para las divisiones de clase A ya se consideraba la condición de impedir el paso de los humos<sup>84</sup> y los mismos principios para las pinturas, barnices y revestimientos primarios de cubierta<sup>85</sup>, mientras que mas tarde<sup>86</sup> también hace referencia de tal condición a las cajas de ascensores en su comunicación

---

<sup>81</sup> Regla 3 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>82</sup> Regla 34 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>83</sup> Regla 49 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>84</sup> Regla 3 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

<sup>85</sup> Regla 27 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

<sup>86</sup> Regla 22 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78. Protección de escaleras y ascensores en espacios de alojamiento y de servicio.

entre los entrepuentes, conseguido mediante su instalación y dispositivos de cierre.

Todas las demás referencias están relacionadas con el aspecto de la ventilación general, que se tratará en otro capítulo.

#### 9.8.6.3 Referencias en el SEVIMAR/60.

La primera anotación de estanqueidad a los humos se hace para la definición de mamparos de tipo A<sup>87</sup> (en lugar de divisiones de clase A).

También las puertas y bastidores de los mamparos del tipo A deberán ofrecer una resistencia al paso del humo<sup>88</sup>, y haciendo referencia a la condición de las cajas de los ascensores y dispositivos de cierre que permitan limitar el paso del humo y colocación de pantallas contra el humo en troncos de ventilación o de iluminación que comuniquen con mas de un entrepuente<sup>89</sup>.

También se encuentran referencias al humo en los sistemas de ventilación.

---

<sup>87</sup> Regla 35 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

<sup>88</sup> Regla 38 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

<sup>89</sup> Regla 43 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

#### 9.8.6.4 Exigencias resultantes de los procedimientos de ensayo de exposición al fuego.

Si se toman como referencia las indicaciones a realizar en los procedimientos de ensayo para la determinación de las características del comportamiento de las materias al fuego, debe recurrirse a las distintas Resoluciones que las contemplan.

En primer lugar y para las divisiones de clase A, B y F<sup>90</sup>, el ensayo indica si las grietas y aberturas formadas en el material dejan penetrar el humo en los tiempos que correspondan a su clasificación (A-30, B-15, etc.), sin que puedan inflamar el algodón en rama situado a 25 mm. de la grieta durante 30 segundos<sup>91</sup>.

En relación a los revestimientos primarios de cubierta<sup>92</sup>, los ensayos están destinados a determinar si éstos se inflaman fácilmente, emiten demasiado humo o despiden gases tóxicos o combustibles<sup>93</sup>. Las medidas de humo se efectúan en función de la densidad óptica<sup>94</sup>, propiedad cuantificada por:

$$D_s = \log_{10} \frac{100}{T}$$

siendo T la fracción porcentual de la luz incidente recibida por el fotodetector.

Durante el ensayo, se llevará un registro de la concentración de productos tóxicos detectados y cuantificados.

Respeto al humo se indicará el momento en que se produjo y el tiempo cuando la densidad óptica era superior a 1 y a 2.

---

<sup>90</sup> Resolución A.517(13), punto 3.1.7.

<sup>91</sup> Ibidem, puntos 4.1.2 y 4.2.2.

<sup>92</sup> Resolución A.214(VII).

<sup>93</sup> Ibidem, punto 5.6.

<sup>94</sup> Ibidem, punto 19.

Respecto a los riesgos de incendio que entrañan los materiales<sup>95</sup>, pueden perder la condición de *débil propagación de la llama* si durante el ensayo producen una cantidad apreciable de humo.

Además, se recuerda la dificultad para evaluar la toxicidad de los materiales, así como que, las medidas que se toman durante la fabricación para asegurar dicha condición tienden al aumento de la toxicidad del material fabricado.

#### 9.8.7 Consideraciones a las exigencias de los Convenios SEVIMAR

Aún siendo concretas y específicas para determinados aspectos del problema, resultan insuficientes para un tema tan preocupante y con tanta carga dramática en los casos de incendio, también aplicable a los siniestros en los buques sobre todo si son de pasaje.

El término *no producirán cantidades excesivas de humo o gases tóxicos* no es clarificador y solo cuantificable subjetivamente, circunstancia que no apoya la adopción de medidas más estrictas de control y de evaluación de los contaminantes presentes en la combustión.

Por otro lado, los Convenios SEVIMAR y las Resoluciones complementarias de aquellos, solo se refieren a la parte que sea consecuencia de los elementos estructurales del buque y no de la carga representativa del contenido mobiliario, sumamente variable, por lo cual, un buque inicialmente aceptado en los límites de las exigencias legales puede muy bien dejar de serlo durante su fase operativa, circunstancia que debería considerarse a fines de la prevención de los siniestros.

---

<sup>95</sup> Resolución A.166(ES.IV).

9.8.8 RESUMEN AL PARAMETRO DE LOS HUMOS Y  
GASES TOXICOS.

1. Según las referencias relacionadas en los Convenios SEVIMAR para buques de pasaje sobre el control del humo y la reducción de la toxicidad a niveles no excesivamente preocupantes, parecen ser aspectos bien controlados, si bien forman parte de una condición extremadamente difícil de lograr en cualquier tipo de incendios cuando se relaciona con los efectos que pueden manifestarse sobre las personas, puesto que dependen de un factor personal de tolerancia variable con su estado anímico y físico.

Los principios que deben determinar los límites aceptables que no deben sobrepasarse en ninguna circunstancia, son los que proporcionan los TLV de los productos de descomposición resultantes por la acción del fuego y las elevadas temperaturas. Hacer intervenir este factor de riesgo higiénico representa centrar la prevención en la selección de materiales cuyos componentes una vez liberados o formando parte de nuevos componentes químicos no encierren el riesgo de toxicidad para las personas.

A fin de establecer un criterio para la determinación del riesgo de toxicidad de los componentes de posible generación por los humos resultantes de la descomposición de los materiales bajo el efecto del incendio, siguiendo principios aceptados internacionalmente, serán consideradas como prácticamente no tóxicas:

- . en base a los *valores límites umbral (TLV)*<sup>96</sup>, aquellas sustancias cuyo TLV no tenga asignado un valor límite (ceiling, TLV-C),

---

<sup>96</sup> Proporcionados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (A.C.G.I.H.)

. en cuanto a su cuantificación<sup>97</sup>, cuando su TLV sea superior a 500 ppm. ó 5 mg/m<sup>3</sup>, (preferible TWA-STEL<sup>98</sup>)

Las preguntas de test, son:

¿Es un buque bajo cumplimiento del SEVIMAR 74/78 o de fecha posterior?.....S/N

¿Se conoce por certificados o puede determinarse los componentes químicos constituyentes del material?..S/N

¿Son sustancias presumiblemente de bajo riesgo, las que serán aportadas por los humos?.....S/N

2. Una de las principales consecuencias de los humos de un incendio es la generación de gases tóxicos o asfixiantes (CO, CO<sub>2</sub>, etc.) que por ser normales a todos ellos no pueden ser tenidos en cuenta a efecto de su penalización, sin embargo, como ya se comentaba anteriormente, la descomposición de los materiales aportará a la atmósfera sus elementos constituyentes, algunos de los cuales pueden representar un riesgo ya contemplado en el párrafo anterior, mientras otros por sus especiales características pasar desapercibidos por las personas y verse afectadas negativamente, incluso en la creencia de estar en ambientes excentos de riesgo.

El criterio que determina esa peligrosidad es el llamado *índice de valoración olfativa (IVO)*<sup>99</sup> basado en el umbral de

---

<sup>97</sup> Criterios higiénicos de toxicidad aportados por el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Barcelona. 1982

<sup>98</sup> Límites de exposición para cortos períodos de tiempo (efectos agudos).

<sup>99</sup> Valor obtenido por  $10 \log(\text{TLV}/\text{UPO})$ .

percepción olfativa (UPO)<sup>100</sup>, siendo especialmente peligroso para aquellos productos y sustancias que tengan un IVO < 0.

La pregunta de test, es:

¿Puede determinarse si los productos de descomposición en los humos tienen un IVO superior a 0?.....S/N

3. Cabría hacer referencias a la magnitud de las cantidades generadas de humo a efectos de la dificultad en la intervención y la puesta en seguridad de las personas, no obstante, los humos tendrán su importancia específica cuando se relacionen con las posibilidades reales de su evacuación a la atmósfera o de su control en las áreas donde se haya iniciado el fuego, mas que por su propia presencia en el incendio.

Por tanto, en cuanto a la cantidad de humo previsible, independientemente al tratamiento que se le dará cuando se vea relacionado con la evacuación, los equipos de protección disponibles y la intervención, tendrá la consideración de *normal* cualquier posible manifestación de este, ya que además, existe una gran dificultad en determinar su cuantía en función de las muy variables condiciones y circunstancias que se dan en los buques.

4. Las consideraciones que los métodos analizados en el presente capítulo hacen del peligro de corrosión, es evidente que tienen una aplicación directa con la cuantía de los daños que el incendio puede provocar, adicionalmente a los previstos por otros parámetros.

Por tanto, la presencia de gases o vapores de combustión con carácter de corrosivos (p.e. ClH), solo tendrá un interés predominante a efectos de las compañías aseguradoras o a

---

<sup>100</sup> Valor de concentración mínima de una sustancia, al que la mayoría de los seres humanos son capaces de detectar, por debajo de ella, nuestro órgano olfativo carece de posibilidades para evidenciar su presencia en el ambiente.

fines de la identificación de las causas de un daño específico, no como un aumento del propio riesgo de incendio.

Un incremento en el tiempo de intervención, puede representar la misma cuantía de daños que los producidos por la corrosión, en un tiempo de intervención menor.

En todo caso, la pregunta de test a efectuar para interés de las compañías de seguros, sería

**¿Los materiales de a bordo no constituyen un riesgo de generación de gases de combustión corrosivos?.....S/N**

## 9.9 Velocidad de propagación de las llamas

### 9.9.1 Del método de E.E. Smith

El método considera el parámetro de la propagación de las llamas como un dato mas, resultante de las pruebas de ensayo sobre las materias y no como un objetivo, ya que no utiliza dicho dato para cuantificar la peligrosidad, aunque hay unas referencias a la cualificación de la gravedad directamente proporcional a la velocidad de propagación de las llamas, todas ellas relacionadas con la pérdida de vidas humanas. La cuantificación del parámetro contenido en la tabla 1 del método Smith (carga térmica), permite la adopción de criterios respecto a los materiales investigados.

#### 9.9.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Como puede observarse, también este parámetro es interesante para el análisis conjunto de la combustibilidad y de la peligrosidad de una materia, sin embargo, no está reflejada como coeficiente, por lo que no depara un criterio de velocidad de llama aceptable dentro de los materiales combustibles que pudiera ser utilizado para determinar una escala de valores.

### 9.9.2 Del método de G.A. Herpol

Otro de los índices que el método utiliza incluidos en la reacción al fuego ( $R_g$ ), es el denominado (P) que proporciona la información sobre la propagación de la llama en superficie.

Debido a la dificultad en poder obtener los resultados del método G.A. Herpol, cabe esperar que los datos de las otras fuentes sean coincidentes con una muestra general, ya que lo son en los coeficientes que proporcionan.

#### 9.9.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Aún considerando la enorme importancia de la velocidad con se propagan las llamas en la combustión de los materiales investigados, no se podrá obtener una aplicación a bordo a menos de disponer suficiente información para mas tarde traducirla a coeficientes manejables por el método.

### 9.9.3 Del método de los factores $\alpha$

Podemos decir ahora, que los coeficientes ( $m$ ) de la tabla 3 de los factores alfa (carga térmica), relacionados entonces con la carga de fuego, es también un coeficiente de velocidad de llama al estar directamente relacionada con la posibilidad de transmisión de las mismas, siendo mas rápida cuanto mas abierta sea la estiba.

No obstante, no debe olvidarse que el coeficiente ( $m$ ) incluye una parte de su valor por razón del material al que se relaciona.

#### 9.9.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Es válido para aplicaciones concretas y específicas, a espacios del buque en que los materiales mantengan un procedimiento de estiba que encaje con el aportado por la tabla del coeficiente ( $m$ ).

#### 9.9.4 Del método de G. Purt

En los comentarios al método referidos al parámetro de la combustibilidad, en la tabla 1 emplazada por el método Purt para la combustibilidad, se hacía referencia al coeficiente  $R_i$  en términos relacionados con la densidad de estiba de los materiales del espacio considerado.

Dichos coeficientes, también se pueden referir a la velocidad de llama, no por las características del producto sino por su disposición respecto al entorno, por lo tanto, este aspecto no puede considerarse tratado por el método, aunque haga referencias a la rapidez con que se desarrolla el incendio.

##### 9.9.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Bajo las consideraciones efectuadas a la filosofía de aplicación de los valores  $R_i$  para el parámetro de la velocidad de llama, no parece consecuente su aplicación al buque.

#### 9.9.5 Método según Convenios SEVIMAR

Existen algunas referencias a la velocidad de llama entendida como propagación, en los términos *débil propagación de la llama*<sup>101</sup>, en cuanto a que el material impedirá en medida suficiente que las llamas se propaguen.

De la anterior expresión, en las directrices y recomendaciones de ensayo<sup>102</sup>, dice que para evaluar la propagación de la llama de un material, las Administraciones emplearán el método de ensayo nacional habitualmente empleados para los materiales de construcción, si coincide con las condiciones que realmente pueden darse en los buques. También, que no se considerarán con la característica de débil propagación a la llama si generan una cantidad apreciable de humo.

Mientras, en los procedimientos de ensayo<sup>103</sup> solo hace mención a los tiempos en que el frente de llama alcanza determinados puntos de referencia, en general cada 50 mm., aunque no proporciona valoraciones que puedan determinar un punto de base para la comparación entre el comportamiento de otros productos.

De nuevo en el Convenio<sup>104</sup>, se determinan las limitaciones que en este sentido deban tener los tapizados, cortinas, materiales textiles colgados, revestimientos de piso, al decir que la resistencia a la propagación de la llama no serán inferiores a las de un material de lana similar empleado para este fin.

Además, todas las superficies expuestas de los mamparos, revestimientos, techos y muebles tapizados tendrán características de débil propagación de la llama.

---

<sup>101</sup> Regla 3 apartado 8, Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>102</sup> Directrices para la evaluación de los riesgos de incendio que entrañan los materiales, Resolución A.166(ES.IV).

<sup>103</sup> Resolución A.516(13).

<sup>104</sup> Regla 3, apartado 23 del Capítulo II-2 del SEVIMAR.

En los ensayos para estos últimos materiales<sup>105</sup>, se determinan los procedimientos a efectuar, si bien sigue sin proporcionar criterios de aplicación, el informe oficial que se haga del ensayo hay una referencia específica consistente a la persistencia de la llama, longitud de la parte carbonizada e ignición de los desperdicios de algodón causada por el desprendimiento de partículas inflamadas.

#### 9.9.5.1 Del Convenio SEVIMAR 74/78

En la misma Regla dedicada a las definiciones se daba una sola diferencia con el enunciado del Convenio posterior, por cuanto la resistencia a la propagación de la llama de los tapizados, cortinas y demás ornamentos textiles colgados no debería ser inferior a las de la lana de 0,8 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 9.9.5.2 Métodos de ensayo nacionales para los materiales de construcción.

La normativa española que establece los métodos de ensayo para los materiales de construcción, se hayan integrados en cinco normas UNE:

. UNE 23.702.88 Propagación de llama de los materiales de construcción, en correspondencia a la ISO/DP 5658.

. UNE 23.724.81 Ensayo de velocidad de propagación de llama aplicable a los materiales no destinados a ser colocados sobre un soporte, en correspondencia a la NF-P-92-504.75.

La cuantificación de (V) en mm/s se obtiene de expresión:

$$V = 250/t$$

siendo (t) el tiempo en segundos empleados por la llama en recorrer la distancia entre dos líneas distantes entre sí 250 mm, la primera de ellas a 50 mm. del extremo libre de la probeta.

---

<sup>105</sup> Apéndice 3 de la Resolución A.471(XII). Recomendación sobre el método de ensayo para determinar la resistencia a la llama de materias textiles de tipos diversos colocadas verticalmente.

. UNE 23-726-81 Ensayos en el panel radiante para revestimientos de suelos (ensayo complementario) similar a la NF-P-92-506.75

. UNE 23.727.81 Clasificación de los materiales utilizados en la construcción, semejante a la NF-P-92-507.75.

De ésta norma española, el parámetro de la velocidad de propagación de llama, establece los siguientes criterios:

- M-1 Si no hay caída de gotas inflamadas, ni persistencia de llamas después de retirar el quemador.
- M-2 Si no hay caída de gotas o material.
- M-3 Si no hay caída de gotas inflamadas y hay persistencia de llama pero sin propagación continua hasta la segunda señal después de retirar el quemador.
- M-4 La velocidad de propagación de llama es inferior o igual a 2 mm/s.
- M-5 La velocidad de propagación de llama es superior a 2 mm/s.

#### 9.9.5.3 Consideraciones al método y su aplicación al buque

No cabe duda que lo mencionado por los Convenios SEVIMAR son de aplicación al buque por su propia procedencia, sin embargo, el propósito de manejar valores que puedan ser cuantificables a efectos de la determinación de coeficientes al método de evaluación perseguido, no se logran con el contenido de sus reglas.

En referencia a los métodos de ensayo nacionales utilizados por España cabe decir que además de ser condicionantes para la clasificación de los materiales respecto a su combustibilidad, también ofrece criterios de velocidad de propagación de llama (M-4 y M-5) que ya permiten ser utilizados para la determinación del coeficiente deseado.

9.9.6 RESUMEN GENERAL AL PARAMETRO DE LA  
PROPAGACION DE LAS LLAMAS

1. Todas las aplicaciones que proporcionan los Convenios SEVIMAR a la velocidad de propagación de la llama de los materiales combustibles, sea cual sea su fecha de incorporación al sistema, queda bien definida en su intención, al emplear el calificativo *débil*, que sin cuantificarla si asegura que los materiales que se empleen a bordo, por lo menos tendrán esa condición.

A la vista de la norma UNE 23.727.81, se dan velocidades de propagación para las clasificaciones M-4 o fácilmente inflamable y M-5 o muy fácilmente inflamable, por ello nos permite concretar una cuantificación de menor o mayor grado, cuando se detecten a bordo materiales en cantidad suficiente para constituir riesgo y que sean identificadas como combustibles.

Aunque como se ha dicho repetidamente en este capítulo, la velocidad de llama está directamente asociada a la propia combustibilidad del producto, el tenerla en cuenta ahora significa una penalización adicional, cuando por cualquier razón, un buque no la ha considerado desde el inicio de su construcción y pueda haber añadido otros materiales cuyas características de comportamiento frente al fuego sean menores que las iniciales.

Los materiales incluidos en la clasificación de M-3 definidas como medianamente inflamables, establecen la barrera satisfactoria en cuanto a este parámetro.

Las preguntas de test, son:

¿No se detectan materias combustibles clasificadas como fácilmente inflamables?.....S/N

¿La velocidad de llama de los productos combustibles no es superior a 2 mm/s?.....S/N

## 9.10 Altura y geometría del espacio

### 9.10.1 Del método de los factores $\alpha$

El método trata el parámetro bajo el criterio de considerar la superficie del sector de incendio, constituyendo el segundo valor del factor  $\alpha$ , tomando un valor de +1 por cada 200 m<sup>2</sup>, con un valor máximo de  $\alpha = 25$ , es decir:

$$ALFA_{(2)} = n.S/200$$

siendo

- n, el valor de +1
- S, la superficie comprendida en un mismo sector de incendio.

#### 9.10.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Puede ser totalmente aplicable a los espacios del buque que tengan por diseño grandes superficies de cubierta, como son los casos de ferrys en sus cubiertas de transporte de vehículos, car-carriers, Ro-on Roll-of, etc. y también, en función de la sectorización al fuego, las superficies totales que se encuentren dentro del sector incluídas las superficies de cada cubierta, lo que indirectamente representa una aplicación a la altura de la superestructura considerada.

### 9.10.2 Del método de los factores K

Aunque el factor K está representado por un único valor obtenido de la gráfica (resistencia al fuego), como es sabido, se utilizan diversos índices de valoración que en gran parte hacen referencia al parámetro del continente, la altura de las estructuras medida entre el piso de la cubierta superior y el piso de la cubierta principal, la superficie interior limitada por mamparos cortafuegos y el peligro de propagación por proximidad entre estructuras y casetas. La cuantificación de los índices ( $I_n$ ) que nos interesa en esta ocasión se detalla en la tabla 9.19

**TABLA 9.19**

INDICES DE VALORACION		
$I_n$	ALTURA DE SUPERESTRUCTURAS	VALOR
1	Hasta 7 m.	0
	De 7 a 14 m.	+ 5
	De 14 a 28 m.	+10
SUPERFICIE INTERIOR		
2	Hasta 200 m <sup>2</sup>	0
	De 200 a 500	+2
	De 500 a 1000	+4
	De 1000 a 2000	+6
	Mas de 2000 m <sup>2</sup>	+10
PELIGRO DE PROPAGACION		
3	Distancia entre estruct.<10m	+3
	Entre 10 y 15 m	+1
	Distancia superior a 25 m.	0

### 9.10.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Los índices de valoración citados permiten su aplicación al buque en el conjunto del factor K.

Del índice de valoración relativo a la altura de las superestructuras<sup>106</sup>, el método proporciona valores para niveles de altura mayores que han sido suprimidos a efectos del presente trabajo, ya que no son de aplicación al buque. El segundo índice que cuantifica la superficie interior en planta y limitada por mamparos cortafuegos, es decir Divisiones de Clase A, no considera las cubiertas superpuestas sino únicamente la de planta, con cuya consideración es perfectamente utilizable para la evaluación en el buque<sup>107</sup>. Las superficies indicadas en la tabla son válidas puesto que se dan en los buques.

Finalmente, el tercer índice de valoración que relaciona el peligro de propagación por la distancia de separación entre estructuras y casetas debe considerarse los casos particulares de cada buque, en este caso con las exigencias referentes a los emplazamientos de las escotillas, bajadas y ventiladores<sup>108</sup>.

Por otro lado, se tendrán en cuenta la separación de las aberturas en superestructuras de los buques tanque de los espacios de carga en cubierta<sup>109</sup>.

---

<sup>106</sup> Regla 33 del Conv. Int. de Líneas de Máxima carga, 1966.

<sup>107</sup> Regla 35 del Convenio Int. de Líneas de Máxima Carga, 1966.

<sup>108</sup> Regla 13 del Convenio Int. de Líneas de máxima carga, 1966.

<sup>109</sup> Regla 56 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

### 9.10.3 Método de G. Purt

El método dispone del coeficiente (B) correspondiente a la situación y superficie del sector cortafuego que penaliza el incremento del riesgo resultante, por una parte, de la dificultad de acceso del equipo de intervención y por otra la posibilidad de propagación del incendio a todo el sector. Los valores del coeficiente son los que se indican en la tabla 9.20, adaptada a las circunstancias del buque.

**TABLA 9.20**

ESCALA	CONDICIONES DEL SECTOR	COEF. B
1	. Superficie del sector corta fuego < a 1500 m <sup>2</sup> . . ó 2 cubiertas máximo. . ó altura no > 10 m.	1,0
2	. Superficie del sector entre 1500 y 3000 m <sup>2</sup> . . ó de 2 a 4 cubiertas. . ó 1ª cubta. bajo la princ.	1,3
3	. Superficie del sector entre 3000 y 10000 m <sup>2</sup> . . ó mas de 4 cubiertas. . ó 2ª cbta. bajo la princ.	1,6
4	. Superficie del sector superior a 10.000 m <sup>2</sup> . . ó 3 cbtas o mas bajo la principal	2,0

#### 9.10.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Este coeficiente es una penalización a la dimensión del continente en su relación al riesgo de incendio, válida para su aplicación al buque una vez cambiado pisos por cubiertas y sótanos por cubierta bajo la principal.

#### 9.10.4 Método de E.R.I.C.

El método considera el coeficiente de altura (e) por encima o debajo de la cubierta principal, identificables por el signo + ó - respectivamente ( $e^+$  y  $e^-$ ), cuyos valores se indican en la tabla 9.21.

TABLA 9.21

ALTURA EN METROS	VALOR $e^+$	VALOR $e^-$
3	1	1
6	1	1,85
9	1,3	2,6
12	1,5	3
15	1,65	3,05
18	1,75	3,1
21	1,8	---

##### 9.10.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El tratamiento que se muestra para el coeficiente de nivel es aceptable para su aplicación al buque, habiéndose eliminado los niveles no habituales a bordo.

Por otro lado, la amplitud o superficie del continente también es tratado en el método, si bien no se analiza por ser procedente del método inicial de M. Gretener con principios de superficies básicamente calculadas por el ancho y largo del compartimento, con matices sobre la accesibilidad a los pisos o por las escaleras de los bomberos, principios no aplicables a los buques.

### 9.10.5 Método de M. Gretener

El tratamiento que hace el método de M. Gretener de las cubiertas por debajo de la principal es idéntico al utilizado por el método E.R.I.C., mostrado en el apartado anterior, por lo que no se repite aquí.

Sin embargo, el coeficiente aplicado al tamaño del compartimento cortafuego no solo está basado en la superficie obtenida en base a la longitud (l) y anchura (b) del mismo, sino que está condicionado a la relación existente entre ellos, tal como se muestra en la tabla 9.22, resultante del método revisado y corregido:

**TABLA 9.22**

1:b RELACION LONGITUD/ANCHURA								COEF.
8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	g
800	770	730	680	630	580	500	400	0,4
1200	1150	1090	1030	950	870	760	600	0,5
1600	1530	1450	1370	1270	1150	1010	800	0,6
2000	1900	1800	1700	1600	1450	1250	1000	0,8
2400	2300	2200	2050	1900	1750	1500	1200	1,0
4000	3800	3600	3400	3200	2900	2500	2000	1,2
6000	5700	5500	5100	4800	4300	3800	3000	1,4
8000	7700	7300	6800	6300	5800	5000	4000	1,6
10000	9600	9100	8500	7900	7200	6300	5000	1,8
12000	11500	10900	10300	9500	8700	7600	6000	2,0

En el método actual de M. Gretener ya no aparece la corrección aplicable a la superficie de los espacios situados bajo la cubierta principal (sótanos), que a efectos de este parámetro era considerado a un solo nivel aunque en la realidad tuviera varios. Se indica en la tabla 9.23.

**TABLA 9.23**

Coeficiente  $g^-$  para espacios bajo cubierta principal

b.l	400	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
$g^-$	1	1,08	1,21	1,44	1,47	1,60	1,73	1,86

#### 9.10.5.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Dichas tablas han sido limitadas a los valores posibles en los buques en relación a sus dimensiones básicas de manga y eslora, incluso las resultantes de grandes superficies como las que corresponderían a buques de tipo ferry o de transporte rodado.

#### 9.10.6 Método según Convenios SEVIMAR

Los Convenios SEVIMAR, evidentemente no hacen referencias expresas al dimensionado de los espacios del buque debido a las enormes posibilidades a que por su tipo, tráfico y cargas pueda estar diseñado.

Para la definición de *zonas verticales principales*<sup>110</sup>, como aquellas en que quedan subdivididos superestructuras, el casco y las casetas mediante divisiones de clase A y cuya longitud no excede en general, en ninguna cubierta, de 40 m. Una idea que se aproxima al tema es la referencia que sobre zona verticales principales y zonas horizontales<sup>111</sup> para buques proyectados para fines especiales, como transbordadores de automóviles y de vagones de ferrocarril, buques en los que la provisión de mamparos de zonas verticales principales sería incompatible con el fin a que se destinan, se instalarán, en sustitución de esos medios, otros equivalentes para combatir y contener incendios, previa aprobación expresa de la Administración.

Además, para la protección de los espacios de categoría especial<sup>112</sup>, especifica que una zona horizontal podrá incluir tal tipo de espacios en mas de una cubierta, a condición de que la altura total libre para los vehículos no exceda de 10m.

Considerada la posibilidad de no disponer entre determinadas cubiertas, mamparos verticales limitadores de la propagación, presenta enormes sectores de incendio que pueden alcanzar la eslora total del buque. La intervención en esos casos es muy difícil si no se cuenta con medios equivalentes a las divisiones para contener y combatir los incendios, circunstancia que no facilita el Convenio expresamente, quedando indefinidamente abierto.

---

<sup>110</sup> Regla 3 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>111</sup> Regla 24 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>112</sup> Regla 37 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

En las medidas de seguridad contra incendios en buques de carga<sup>113</sup>, para las zonas de alojamiento y de servicio y en la adopción de un método de protección, indica que cuando se adopte el Método IIIC, las superficies limitadas por divisiones de clases A y B no excederán de 50 m<sup>2</sup>.

#### 9.10.7 Del Convenio SEVIMAR/60

Para los buques sujetos a las directrices de dicho Convenio, si utilizan el Método II de protección, tienen las siguientes restricciones de superficie<sup>114</sup>:

. En el interior de espacios habitados, limitados por mamparos de tipo A o B, el interior del área de cada compartimento no excederá en general de 120 m<sup>2</sup> y como máximo de 150 m<sup>2</sup>. Siendo espacios habitados los utilizados como espacios públicos, pasillos, locales sanitarios, cabinas, oficinas, espacios destinados a la tripulación, barbería, oficios aislados, armarios de servicio o locales semejantes.

. Todos los espacios públicos de más de 150 m<sup>2</sup> estarán limitados por mamparos del tipo B de material incombustible. Siendo espacios públicos, las partes de los espacios habitados que comprenden los vestíbulos, comedores, salones y otros semejantes aislados del exterior en forma permanente.

---

<sup>113</sup> Regla 42 del Capítulo II-2 del SEVIMAR

<sup>114</sup> Regla 39 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

#### 9.10.7.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Aunque son pocas las referencias indirectas que de la superficie de los espacios se extraen de los Convenios SEVIMAR, si puede decirse, que existe alguna diferencia entre ellos en perjuicio esta vez de los mas recientes, lo que podría significar una penalización evidente para estos, al disponer de espacios de alguna consideración especial de mayor superficie, con un agravamiento para la intervención.

#### 9.10.8 RESUMEN AL PARAMETRO DE LA ALTURA Y GEOMETRIA DEL ESPACIO

1. Este parámetro está directamente relacionado con la dificultad de la intervención cuando se realiza en grandes superficies o volúmenes, a espacios situados en altura, y cuando exista proximidad de varias casetas o elementos entre sí, ante el peligro de propagación del incendio de una a otra.

Según los criterios aportados por los métodos de los factores  $a$  y  $K$ , respecto al riesgo adicional que conlleva la superficie de los locales, ambos coinciden en comenzar a penalizar tal parámetro cuando la superficie supera los 200  $m^2$ , mientras que los métodos de G. Purt, E.R.I.C. y M. Gretener lo hacen a partir de los 1500  $m^2$  aproximadamente con diferencias poco sustanciales entre ellos.

Si se comparan con las exigencias resultantes de los Convenios SEVIMAR, nos encontramos que las zonas verticales principales no tendrán una longitud superior a los 40 m., circunstancia que relacionada con la manga de los buques de mayor tamaño ( $\approx 50$  m.) proporcionaría superficies de unos 1500 a 2000  $m^2$ , que se encuentran, por tanto, dentro del criterio aportado por varios de los métodos citados. Por tanto, el parámetro solo será considerado para los buques que por su

construcción y tipo dispongan zonas no superiores a las mencionadas anteriormente.

Las preguntas del test, serán:

¿Superficies limitadas por zonas verticales principales inferiores a 1200 m<sup>2</sup>.....S/N

¿Buque con superficies limitadas por zonas verticales principales no superiores a 2400 m<sup>2</sup>.....S/N

2. La altura de los locales está penalizada por todos los métodos, a partir de entre los 7 y 10 m., mientras que los espacios bajo la cubierta principal lo son con la primera cubierta inferior, incluso asociadas con la superficie que totalizan. La consideración de los espacios situados a nivel inferior será tratado especialmente en el capítulo "Características de la intervención" de este trabajo. Por tanto, en este apartado se considerará solo la altura de los espacios que se encuentran por encima de la cubierta.

El parámetro de la altura en que pueden localizarse los incendios, significa para la intervención en tierra un problema asociado a las escalas disponibles a efectos de la evacuación y al alcance de los chorros de agua desde el nivel del suelo. Este aspecto constituirá siempre un riesgo añadido en su aplicación al buque, puesto que la evacuación no tiene el mismo sentido que en tierra y por otra parte, los chorros de agua no siempre podrán alcanzar los puntos externos deseables, bien por la situación lateral de las aberturas, bien por el alcance limitado en altura de los chorros de agua, circunstancia que aporta una dificultad añadida.

La ciudadela de los buques puede contener distinto número de cubiertas en función del tipo de buque, pero en términos generales puede asumirse el número de cuatro y como extraordinarios un número superior. La condición menor

representa una altura sobre la cubierta principal<sup>115</sup>, de unos 10 m. y por tanto, la que se aceptará como normal para la mayoría de los buques.

Las preguntas de test, son:

¿La cubierta mas elevada del buque está a una altura sobre la principal no superior a 10 m.?.....S/N

¿Todos los portillos y ventanas de la ciudadela son alcanzables por los chorros de agua?.....S/N

Las ventajas proporcionadas por las restricciones de superficie que aporta el SEVIMAR/60 para los espacios habitados y los espacios públicos, no se tendrán en cuenta como aspecto positivo relevante, ya que por otra parte se ven condicionados por exigencias de carácter menos rigurosas, con un equilibrio entre los signos aplicables.

3. El aspecto de la propagación del incendio debido a la proximidad entre las casetas, superestructuras, etc. es extremadamente difícil de establecer un criterio considerado normal en los buques, una vez mas debido a la proliferación de posibilidades relacionadas con el diseño, el tipo de buque, el destino de su cometido y otros. Al mismo tiempo, comparado con el criterio aportado por el método de los factores K, en que se considera aceptable una separación de 25 m. entre estructuras y actividades situadas en tierra, ya que permite desde fuera de las áreas afectadas establecer cortinas de agua a modo de pantallas que aislen la propagación, en los buques tal tipo de intervención solo se puede realizar desde remolcadores o desde tierra si el buque está atracado en muelles que abarquen toda su longitud, ya

---

<sup>115</sup> Regla 33 del Anexo I del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966.

que tampoco sería posible de estar atracado a terminales, duques de alba o similares.

A efectos de la propagación del incendio, los buques que mas riesgo encerrarían serían aquellos que disponen de cubiertas poco despejadas, las cargas rodean la ciudadela tanto por a proa como a popa (ciertos buques contenedores, buques de pasaje, car-carries, puente en el centro, buque tres islas, etc.). Aún con todo, la penalización de esta condición no lo será por el tipo de buque y construcción, sino por la disposición de estiba que haya sido diseñada sobre planos, o la que se utilice prácticamente en la cubierta de intemperie, es decir, el abarrotamiento y la congestión que sobre ella se produzca respecto a las estructuras y las posibilidades de intervención (confinamiento) que permita.

La pregunta de test, será:

. El aprovechamiento habitual de la cubierta de intemperie para la estiba de cubertada ¿permite llevar a cabo, las acciones necesarias para el control del incendio?.....S/N

## 9.11 Ventilación de humos

### 9.11.1 Del método E.R.I.C.

Está orientado a considerar la evacuación de las personas en las mejores condiciones, además de facilitar el acceso a las brigadas de intervención, e indirectamente reducir los daños a los bienes, circunstancia que el método cuantifica por separado, sin embargo, a efectos de su relación con los parámetros de la evacuación y de la intervención, se considerará solo el coeficiente que afecta a las personas. El método trata este parámetro como una medida de seguridad, por ello, su disponibilidad como protección, proporciona un coeficiente de valor inferior a la unidad y en su carencia se penaliza con un coeficiente mayor a uno, aunque a fin de unificarlos para que formen parte de un numerador se muestran modificados y preparados para ello.

Los coeficientes aplicables se detallan en la tabla 9.24:

TABLA 9.24

#### Espacios con elevada presencia de personas y alojamientos

Sala Grande	Coefic.
. Sin ventilación de humo	1,1
. Ventilación natural inferior	1,05
. Ventilación mecánica $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$	0,95
Circulación horizontal	
. Sin desahumar	1,1
. Desahumado natural	1,0
. Desahumado mecánico	0,9
. Circulación al aire libre	0,9
Circulación vertical	
. Ausencia de exutorio	1,1
. Abertura en parte alta	1,0

#### 9.11.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Tal como ha sido tratada la información, filtrando la de nula aplicación al buque, los coeficientes mostrados en la tabla 1 son perfectamente asumibles en el método que se persigue.

### 9.11.2 Del método de M. Gretener

Considera el parámetro de la evacuación de humos como una medida especial, instalaciones automáticas o manuales, que permitan la evacuación del calor y de los humos reduciendo el peligro de acumulación de estos bajo las cubiertas, sobre todo si son de gran superficie.

En el caso de automatismos, debe garantizarse la acción de las clapetas de cierre por medio de un dispositivo automático de disparo.

Los procedimientos automáticos no son permitidos en su instalación a bordo por razones de estanqueidad a la inundación, que en tierra son perfectamente admitidas para la abertura de los exutorios.

Para el método, el valor del coeficiente para una instalación de evacuación automática o manual de humos es de 0,8 en ambos casos.

#### 9.11.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Puede decirse que en el sistema manual, el coeficiente es perfectamente asumible, si bien considerando las ventajas e inconvenientes de cualquier sistema automático, el coeficiente que el método proporciona no debería cuantificarse por igual, ya que existen puntos de vista en pro y contra de dicha consideración.

En el buque, por las especiales características estructurales relacionadas con la estanqueidad, permite a la tripulación la facultad de controlar a voluntad y desde el primer momento la necesidad o no de la ventilación de los humos, lo cual constituye un aspecto importante que no siempre está disponible para las brigadas de intervención de tierra.

### 9.11.3 Método según Convenios SEVIMAR

El criterio que utilizan los Convenios SEVIMAR es bien distinto al de cualquier método que analice tal parámetro, ya que el tratamiento es aplicado a la ventilación de volúmenes de aire y muy pocas para las necesidades que puedan precisar una intervención de emergencia con fuego a bordo.

Así, cuando se determinan las medidas especiales en los espacios de máquinas<sup>116</sup>, dice que el número de lumbreras, puertas, ventiladores, aberturas practicadas en chimeneas para dar salida al aire de ventilación y otras aberturas de los espacios de máquinas, será el mínimo necesario para la ventilación y funcionamiento seguro y adecuado del buque.

En estas circunstancias está claro que se refiere a la renovación de aire y ventilación necesaria para evitar el enrarecimiento del espacio considerado.

Mas adelante<sup>117</sup>, dice que las lumbreras serán de acero y no tendrán cristales. Se tomarán las medidas oportunas para permitir en caso de incendio la salida de humo del espacio protegido.

Siendo evidente, que al ser de acero pocas posibilidades existen para provocar una ventilación por rotura de los cerramientos, característica de hermeticidad que disponen a efectos de evitar la penetración de agua en dicho espacio.

En las circunstancias anteriores, la estanqueidad a los gases que puede requerirse para el mantenimiento de una concentración sofocante de anhídrido carbónico procedente del sistema fijo que proteja el espacio, invalida cualquier accionamiento de abertura desde el interior de dicho espacio y la hace extremadamente peligrosa si se realiza desde el exterior, a menos que se dispongan de otros mandos remotos o bien se efectue la rotura de los cierres por procedimientos y técnicas normales en una intervención, sin embargo, esta

---

<sup>116</sup> Regla 11 apartado 2.1. del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>117</sup> Ibidem, apartado 2.2.

Última posibilidad será prácticamente imposible llevarla a cabo en los buques, ante la naturaleza de los materiales que exige el Convenio SEVIMAR.

En la misma Regla<sup>118</sup>, respecto a los mandos, en ningún momento se hace mención que aquellos puedan ser automáticos y sí que podrán ser accionadas a motor o a distancia. E incluso la parada de los ventiladores queda al margen de dicha posibilidad.

Debe considerarse, que tales principios están aceptados en la protección contra incendios para la evacuación de humos en la mayoría de las actividades de tierra.

En otro lugar del Convenio<sup>119</sup>, para buques no de pasaje que transporten mas de 36 pasajeros, se cita que, los puestos de control estarán fuera de los espacios de máquinas, para asegurar que en caso de incendio seguirá habiendo en dichos puestos ventilación y visibilidad y que no habrá humo, de manera que la maquinaria y el equipo que contengan puedan ser supervisados y continuar funcionando eficazmente, se instalarán dos dispositivos distintos, completamente separados entre sí, para el suministro de aire, cuyas tomas de aire estarán dispuestas de manera que el peligro de que el humo se introduzca simultáneamente por ambas sea mínimo. Para los buques de pasaje que transporten mas de 36 pasajeros<sup>120</sup>, se cita que, cuando los sistemas de ventilación atraviesan cubiertas, además de las precauciones relativas a la integridad al fuego de la cubierta, se tomarán otras encaminadas a reducir el riesgo de que el humo y los gases calientes pasen de un espacio de entrepuente a otro a través del sistema.

---

118 Ibidem, apartado 4.

119 Regla 16 apartado 6 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

120 Regla 32 apartado 1.3 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

Para la protección de los espacios de categoría especial y aquellos otros destinados al transporte de vehículos automóviles<sup>121</sup> en los buques de pasaje, las referencias al sistema de ventilación son exclusivamente enfocadas a las operaciones con tal tipo de carga que genera gases tóxicos, indicándose que 10 renovaciones de aire por hora. Estas indicaciones no están pensadas a efectos de la evacuación de humos resultantes de un incendio.

Similares reflexiones para los buques de carga, aunque con valores distintos en las renovaciones, que ahora son de 6 volúmenes por hora para los espacios de carga<sup>122</sup> y buques que transporten mercancías peligrosas respectivamente.

En la protección de escaleras y ascensores en espacios de alojamiento y de servicio, se dice<sup>123</sup> que los troncos de ascensor estarán instalados de forma que impidan el paso del humo y de las llamas de un entrepuente a otro, y provistos de cierre que permitan controlar el tiro y el paso del humo.

#### 9.11.4 Del Convenio SEVIMAR/60

En este sentido, el Convenio SEVIMAR/60 dice<sup>124</sup> además del párrafo anterior, que cuando un tronco de ventilación o de iluminación comunique con mas de un entrepuente y haya peligro de que el humo y las llamas pueden pasar de un entrepuente a otro, se colocarán pantallas contra el humo, que en caso de incendio aislen cada uno de los espacios.

Finalmente se diferencia de los Convenios posteriores en que las lumbreras que tengan vidriera<sup>125</sup> estarán provistas de tapas exteriores de acero o de otro material equivalente.

---

<sup>121</sup> Reglas 37 apartado 1.6. y 38 apartado 3 respectivamente del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>122</sup> Reglas 53 apartado 2.3. y 54 apartado 2.4. del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>123</sup> Regla 29 apartado 3 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>124</sup> Regla 43 apartados b) y c), del Capítulo II del SEVIMAR/60.

<sup>125</sup> Regla 46 apartado c) del Capítulo II del SEVIMAR/60.

#### 9.11.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Como se ha evidenciado a través del texto de los distintos Convenios que hacen referencia a la evacuación de los humos, salvo algunas expresas al tema, el resto está incluida en el tratamiento de la ventilación general, aspecto muy importante para otros objetivos de la prevención, pero que a efectos del incendio incluso existen algunas trabas dada la elevación de la resistencia que han sufrido algunos de los equipamientos de cierre. No debe olvidarse que el tratamiento de los humos ha constituido y lo sigue siendo todavía, una de las mas grandes preocupaciones para la intervención correcta del incendio, y según puede verse, el problema solo es considerado de forma indirecta.

#### 9.11.5 RESUMEN AL PARAMETRO DE LA VENTILACION DE HUMOS

1. Cualquier tipo de incendio genera normalmente grandes cantidades de humo que dificultan e incluso hacen imposible la intervención adecuada para su control, por ello, los métodos de evaluación mas actualizados han incluido en su tratamiento el parámetro que penaliza o bonifica la disponibilidad de instalaciones automáticas o manuales que ayuden en el control del humo, según lo requieran las operaciones en curso de la intervención.

Cuando la intervención todavía no se ha iniciado es aconsejable el cerramiento del espacio para evitar la entrada de comburente que con su renovación avivaría la magnitud de las llamas, mientras que, cuando las brigadas contra incendios inician sus acciones, deben aplicar métodos y tácticas especiales para procurar la mas rápida y eficaz evacuación de los humos para poder alcanzar la proximidad suficiente a los focos del incendio, procurando a su vez, una mayor seguridad a los componentes que intervengan.

Ante las razones citadas, nos encontramos con unas exigencias importadas de los Convenios SEVIMAR sobre resistencia de los elementos de cierre y los propios sistemas para lograrlo, pensadas principalmente para la estanqueidad a las aguas, que no encajan con las necesidades reales de una correcta intervención en casos de incendio, en los aspectos de evacuación de humos al exterior.

Si bien, para la incomunicación de los humos dentro de los espacios y su relación por conductos entre varias cubiertas, ya desde el SEVIMAR/60 se planteaban sistemas mas o menos aceptables y que han sido ámpliamente mejorados con válvulas automáticas de mariposa, entre otros requisitos, instalados próximos al mamparo límite atravesado.

Comparando los criterios aportados por los métodos analizados para este parámetro, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- . el SEVIMAR hace referencia a renovaciones de aire solo para los espacios de carga, mientras que los métodos de aplicación a tierra lo son para todo tipo de espacios.
- . la evacuación de humos se considera especialmente con la incorporación de sistemas indicados, aspectos no considerados por los Convenios SEVIMAR.
- . se bonifican aquellas situaciones de riesgo provocados por el humo cuando existan medios mecánicos y automáticos para provocar la ventilación, aspecto que no se considera expresamente en el SEVIMAR.

Ante estos criterios netamente desfavorables para los buques, la propuesta del método que se propone, bonifica a los buques que por su tipo no tengan ese problema, o que intencionadamente en su diseño y construcción hayan incluido equipamientos tendentes a proporcionar la evacuación de humos de forma controlada, dotados de medios automáticos y/o

manuales, calculados para poder extraer los humos en cantidades suficientes para facilitar la labor de control y ataque al incendio, considerando como tal el valor aportado por el método E.R.I.C. de  $1\text{m}^3/\text{h}$  por cada  $100\text{ m}^2$ . Naturalmente, el diseño de tales buques no debe entrar en contradicción con el cumplimiento estricto del Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966.

La pregunta del test, es:

¿Dispone el buque de sistemas de ventilación manuales o automáticos pensados para la evacuación de los humos provocados por un incendio?.....S/N

Por otro lado, a efectos de la necesaria incomunicación de los humos en su posible transmisión a otros espacios alejados del foco inicial de fuego, también es preciso que los conductos generales de ventilación dispongan de medios de cierre que por rotura o fusión impida el paso de humos calientes a temperaturas comprendidas entre los  $75$  y  $100^\circ\text{C}$ , según el conducto y área de paso. Estos cierres llevarán indicador de posición exterior de fácil comprensión, pudiendo ser manipuladas manualmente, y en todo caso no excluyen las ya mencionadas válvulas de mariposa.

La pregunta de test, será:

¿Los conductos de ventilación disponen de medios de cierre automáticos por elementos de fusión a temperaturas comprendidas entre  $75$  y  $100^\circ\text{C}$ ?.....S/N

El tema de la evacuación de los humos en los buques merece una mayor investigación que integre las numerosas variables del fenómeno, con aplicaciones y métodos específicos que, entre otros, incluso contemplen el correcto diseño de las conducciones de ventilación, entre los que cabe citar la

presentada por la E-DIN 18.230, proporcionando el tanto por ciento de superficie del conducto en función del total que represente el sector cortafuego.

Si la ventilación de los humos generados en el incendio es necesaria a efectos de reducir los aumentos sustanciales de la temperatura en los espacios afectados y al mismo tiempo también se precisa un control de los mismos a efectos de evitar su propagación a espacios contiguos o su transmisión a gran distancia por los conductos de ventilación no adecuados a medidas preventivas, el humo constituye fundamentalmente un peligro añadido a cualquier intervención que se pretenda llevar a cabo, que soportarán las brigadas que intenten solucionar la búsqueda de los focos iniciadores o las tareas de rescate y salvamento de tripulantes accidentados, con el agravante que será inevitable la utilización de protectores de las vías respiratorias ante toda emisión de humos, sobre todo cuando no se conoce la composición de los mismos.

## 9.12 Evacuación

### 9.12.1 Método de los factores $\alpha$

Uno de los factores ALFA ( $\alpha$ ) es el que hace referencia a las salidas de urgencia, estableciendo unos valores en función a la densidad esperada que pueda ser utilizada en una evacuación.

En términos generales, la afluencia de personas las considera por cada metro de anchura de la salida o en su punto mas estrecho, aportando entonces los siguientes valores:

- . el factor tiene el valor de 0 cuando el número de personas no excede de 11.
- . por cada 12 personas más, el factor suma +1.

#### 9.12.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Este tratamiento, aún no siendo desechable, no contempla otras implicaciones y condicionantes que una evacuación en términos de normalidad debe reunir, o considerar para la cuantificación correcta del factor.

### 9.12.2 Método de G. Purt

Si bien el método no dedica un coeficiente específico para la evacuación, lo introduce indirectamente mediante el coeficiente (H) de daño a las personas, en las que deben de considerarse ciertos aspectos, como son:

- . ¿cuántas personas y por cuanto tiempo?
- . ¿están familiarizadas con las salidas de emergencia?
- . ¿pueden salvarse por sí solas en caso de incendio?
- . ¿cómo son las salidas de emergencia?
- . ¿existe suficiente señalización?

El valor del coeficiente H se muestra en la tabla 9.1.

TABLA 9.25

ESCALA	GRADO DE PELIGRO	COEF. H
1	No hay peligro para las personas.	1
2	Hay peligro para las personas, pero no están imposibilitadas para moverse (pueden eventualmente salvarse por sí solas).	2
3	Las personas en peligro están imposibilitadas (evacuación difícil por sus propios medios).	3

#### 9.12.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Teniendo en cuenta los avances en el campo de la seguridad en la evacuación de las personas que se realizan básicamente a nivel de diseño y se mejoran con otras técnicas, como son la señalización y la iluminación, el tratamiento y los coeficientes aportados por el método resultan insuficientes aunque orientadores y además sobredimensionados.

### 9.12.3 Método de E.R.I.C.

Dentro del apartado dedicado al peligro potencial para las personas, el método proporciona un exhaustivo procedimiento para determinar con cierta precisión el coeficiente relativo a la evacuación de las personas (T).

El cálculo lo hace por la siguiente expresión:

$$T = \frac{P}{L_e \cdot C_c} + \frac{L_h}{V}$$

siendo,

- . T el tiempo de evacuación neto, en segundos.
- . P el número de personas a evacuar (total o parcial).
- .  $L_e$  la anchura de las escaleras o de las unidades de paso.
- .  $C_c$  el coeficiente de circulación (1,3 pers/m/s.)
- .  $L_h$  la longitud total de las vías de evacuación y escalera eventual (m).
- .  $V$  la velocidad de circulación (0,6 m/s)

haciendo además las siguientes matizaciones:

- . Al tiempo neto calculado conviene añadirle otros 150 segundos, correspondientes al tiempo máximo necesario para llegar a una salida que diera a la vía de evacuación.
- . Se acuerda que el tiempo máximo admitido para la evacuación es de 26 minutos.

#### 9.12.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El método proporciona un procedimiento de cálculo que puede permitir la adopción de un criterio para aplicación al buque. Sin embargo, también deberán tenerse en cuenta aquellos otros que complementan la visión del conjunto en este parámetro.

#### 9.12.4 Factores que afectan al movimiento de las personas.

Según estudios disponibles<sup>126</sup>, la velocidad que se puede alcanzar en pasillos horizontales es de 75 m/min. en condiciones de movimiento libre y con una densidad de 2,5 m<sup>2</sup> por persona. Velocidades inferiores a 45 m/min indican un entorpecimiento del movimiento, si bien el caudal permanece constante a pesar de que la velocidad de tránsito varía en proporciones muy apreciables, ya que la disminución de velocidad se compensa con un aumento de la densidad.

En pasillos de más de 1,20 m. de anchura, el caudal es directamente proporcional a la anchura. En pasillos horizontales es de 89 personas/min/m. La bajada por escalera supone 68 personas/min/m..

Cuando es inferior a 1,20 m. el caudal depende del número posible de filas paralelas. El caudal máximo absoluto aparece cuando una persona ocupa aproximadamente 0,4 m<sup>2</sup>.

Las esquinas, curvas y pendientes ligeras, hasta un 6%, no son factores aparentemente importantes para el caudal, sin embargo deben tenerse en cuenta en la utilización de escaleras construidas para pendientes normales que con otra perturbación adicional (asiento si están colocadas longitudinalmente o escora si lo son transversalmente) crean una inadaptación con el peldaño, circunstancia en extremo peligrosa aún en condiciones normales de uso, que no son las que se dan en un buque y en las emergencias.

---

<sup>126</sup> Seguridad contra incendios en el diseño y construcción de edificios. Manual de prevención contra incendios. MAPFRE, pág. 378.

### 9.12.5 Del método de M. Gretener

El método propone un factor relacionado con el mayor o menor peligro para las personas, según su condición, dificultades y situación.

Para ello, a través de una tabla no muy adaptable a su aplicación al buque se proporciona el valor del coeficiente  $P_{H,E}$ , que puede adquirir valores en los siguientes límites:

$P_{H,E}$  peligro elevado para las personas.... > 1

$P_{H,E}$  peligro normal para las personas..... = 1

$P_{H,E}$  peligro bajo para las personas..... < 1

Considera *peligro elevado*, un gran número de personas, el aspecto de la aparición del pánico, las dificultades por la edad o condición de los ocupantes, la construcción y organización del lugar, la situación particular del elemento. Considera *peligro normal*, a la ocupación poco densa en situaciones aceptables.

Considera *peligro bajo*, cuando el elemento está ocupado por las personas que conocen los lugares y sus problemas.

El máximo valor de  $P_{H,E}$  es de 1,25 para personas que puedan estar situadas en cubiertas a distinto nivel de la de reunión o embarco (4 cubiertas), con una ocupación inferior a 1000 personas y un criterio de peligro elevado para acceder a la cbta. principal (hoteles, similar a los buques de pasaje).

#### 9.12.5.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El método no considera la densidad de paso por entender que las construcciones ya cumplen con dichos mínimos según el destino asignado al espacio considerado.

Por otra parte, el criterio para la cuantificación de los coeficientes adquieren esos valores, por cuanto forman parte del objetivo final cuyo resultado debe ser mayor a la unidad si la seguridad contra incendios del espacio es suficiente. La aplicación al buque es posible si se determina su adaptación a las condiciones reales, diferenciada por tipos de buque en que pueden darse.

#### 9.12.6 Métodos según el SEVIMAR.

En los principios fundamentales<sup>127</sup> se determina que, teniendo en cuenta el tipo de buque y la *magnitud del riesgo de incendio* (?) se darán a lo largo del articulado la *protección de los medios de evacuación y los de acceso a posiciones para combatir el incendio*.

Las especificaciones exigidas para los medios de evacuación<sup>128</sup> están orientadas a concretar:

- . el número de medios de evacuación, que serán dos para los compartimentos estancos bajo la cubierta de cierre, aunque la Administración puede autorizar solo uno de ellos si las circunstancias lo permiten, y dos también para cada zona vertical principal, uno de los cuales dará acceso a una escalera que constituya una salida vertical. Un medio de evacuación será una escalera de fácil acceso, encerrada en un tronco protegido contra el fuego.
- . para la estación radiotelegráfica sin salida directa a la cubierta expuesta, dos medios uno de ellos puede ser un portillo o ventana de suficiente amplitud (?).
- . pasillos con una sola vía de evacuación, limitados en longitud según el número de pasajeros (13 m. para mas de 36 pasajeros y 7 m. para menos de 36 y buques de carga).
- . la anchura, número y continuidad de las escaleras en los medios de evacuación, responderán a criterios de la Administración.
- . para los espacios de categoría especial, tanto por encima como por debajo de la cubierta de cierre, el número y disposición de los medios de

---

<sup>127</sup> Regla 2 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>128</sup> Reglas 28 y 45 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83, para buques de pasaje y buques de carga respectivamente.

evacuación responderán a criterios que satisfagan a la Administración.

. una de las vías de evacuación de los espacios de máquinas no tendrá acceso directo a ninguno de los espacios de categoría especial.

. los espacios de máquinas tendrán dos medios de evacuación, aunque podrán ser reducidas a una si se presta la debida atención a la anchura y disposición de la parte superior del espacio, o disponga de una puerta o una escala de acero que ofrezca una vía de evacuación segura hacia la cubierta de embarco y la consideración de si normalmente habrá o no personas de servicio en él.

. los ascensores no se considerarán en ningún caso como constitutivos de uno de los medios de evacuación.

#### 9.12.6.1 Del SEVIMAR 74/78

No existen diferencias sustanciales en los planteamientos aplicables a los buques de pasaje si bien los trata por separado<sup>129</sup>.

Donde sí se aprecian criterios distintos es en la aplicación para buques de carga<sup>130</sup> al citar que, en todos los espacios destinados a pasajeros y a la tripulación y en los espacios en que normalmente trabaje la tripulación, excepto en los espacios de máquinas, se dispondrán escaleras y escalas que proporcionen medios rápidos de evacuación hacia la cubierta de embarco en los botes salvavidas, sin indicar número y características.

Existe otra exigencia<sup>131</sup> aplicable solo a los buques tanque, por la cual, además del cumplimiento prescrito para los

---

<sup>129</sup> Regla 21 para buques de pasaje de mas de 36 pasajeros y Regla 48 para buques de pasaje de menos de 36.

<sup>130</sup> Regla 53 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

<sup>131</sup> Regla 59 del Capítulo II-2 del SEVIMAR 74/78.

buques de carga citado anteriormente, el personal debe disponer de acceso desde cada camarote a medios de evacuación de emergencia.

#### 9.12.6.2 De1 SEVIMAR/60

Dentro de las aplicaciones generales<sup>132</sup> y de los objetivos y principios básicos, se hace referencia a *la protección de los medios de salida*.

Las especificaciones para los medios de evacuación de los locales<sup>133</sup>, no muestran ninguna diferencia con las citadas para el cumplimiento del SEVIMAR 74/78, expuestas anteriormente, sin la mención especial para los buques tanque.

#### 9.12.6.3 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Como se ha puesto de manifiesto, puede decirse, que al margen de las especificaciones y características de construcción y estructurales que deben reunir los medios de evacuación, fuera del interés para el logro del objetivo del presente trabajo, los distintos Convenios según su época de aplicación solo expresan concrecciones respecto al número de los medios de evacuación en razón a determinadas categorías de los espacios considerados, dejando abierto el criterio en el diseño y determinación de las dimensiones necesarias para la seguridad de las personas, no fijando uno para las condiciones mínimas de paso o consideración de locales del buque de especial relevancia por la densidad de ocupación prevista.

---

<sup>132</sup> Regla 34 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

<sup>133</sup> Regla 68 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

### 9.12.7 RESUMEN AL PARAMETRO DE LOS MEDIOS DE EVACUACION

La evacuación a bordo tiene unas características bien diferenciadas de cualquier otro planteamiento cuya aplicación proceda de tierra, ya que si bien las circunstancias del incendio provocan los mismos problemas sobre las personas, sobre todo en aquellas no habituadas a los barcos, por su edad o estado físico en general, debe distinguirse la circulación de las personas para acudir a la cubierta de embarco, de las operaciones de *evacuación* o de *abandono* que están relacionadas con el embarco en las embarcaciones de supervivencia o el salto al agua desde la borda.

En esta aplicación a los buques, la circulación es ascendente en la mayoría de los casos y para la mayor parte de las personas, ya que salvo los que habiten alojamientos situados en la cubierta de embarco, generalmente situada una cubierta por debajo de la superior o del puente de navegación, o en dicha cubierta superior como suele ser habitual para los oficiales radiotelegrafistas, tendrán como mínimo que salvar una o mas cubiertas por escaleras y escalas.

Las distancias a recorrer estarán comprendidas en el total de sumar las siguientes:

Para buques de carga, sea cual sea el tipo de este:

- . una manga para acudir de una banda a otra según las circunstancias y posibilidades, cuyo máximo no supera los 50 m.
- . la distancia longitudinal del acceso hasta el punto de embarco o reunión, entre 10 y 30 m.
- . la distancia vertical que por la altura le corresponda según la cubierta de alojamiento u ocupación, siendo el peor de los casos, aquellos que afecten al personal de máquinas durante su período de guardia, siendo esta la distancia mas variable y la mas dificultosa, ya que debe

realizarse en movimiento ascendente con dificultades añadidas debidas al movimiento, escora y balance.

Para buque de pasaje:

- . los mismos que para los buques de carga, excepto para la distancia vertical a cubrir, que para este tipo de buques puede ser mayor, al serlo también el número de cubiertas a salvar.

- . el riesgo adicional resultante de incorporar al movimiento un mayor número de personas y sus diferentes aptitudes para realizarlo.

Para solventar las diferencias entre los dos tipos de buque, para el de pasaje es necesario equilibrar la carga de riesgo mediante la ayuda aportada por una correcta señalización que facilite la circulación con la máxima claridad en la interpretación y anule los titubeos o confusiones, al mismo tiempo que exista una instalación de iluminación de emergencia bien diseñada y posteriormente bien colocada sobre el piso de la cubierta, que proporcione niveles de iluminación mas que suficientes para la fluída circulación de las personas a los puestos de reunión.

La señalización en estos casos debe conjugar todas las posibilidades que permiten los distintos tipos de aplicación, es decir:

- . *óptica* utilizando el color en las señales (verdes y rojos son mas visibles en humos densos), adecuados pictogramas y mensajes escritos, la luz con destellos o animada de movimiento en el sentido de la evacuación correcta, etc.

- . *acústica* utilizando mensajes específicos transmitidos para cada espacio del buque cuya instalación proteja (situación por cubiertas, costado respecto al eje longitudinal, etc.), adecuados al nivel de presión

sonora normal y de frecuencia diferente con los ruidos del entorno que los mantenga claros y sin confusión.

Otro aspecto de la evacuación que es mejor interpretada en su tratamiento a bordo, es el abandono de buque en los términos que se relacionan con el tiempo para lograr el embarco en las embarcaciones de supervivencia y su puesta a flote, operaciones que no constituyen el objetivo de esta tesis, aunque la disponibilidad de equipamiento para los nuevos buques<sup>134</sup> facilita, que tanto el pasaje como la tripulación pueda ponerse a salvo de las manifestaciones negativas del incendio declarado a bordo en un tiempo muy reducido y en mejores condiciones de seguridad en toda la operación del abandono.

Partiendo de la base que las condiciones existentes a bordo serán las que por exigencias del Convenio SEVIMAR correspondiente le pertenezcan y consideradas todas ellas como normales, deberán aplicarse coeficientes que penalicen a los buques cuyo equipamiento esté marcadamente diferenciado ante la aplicación del Capítulo III, puesto que en estos buques, incluso la intervención deberá cesar antes para garantizar el abandono del buque cuando todavía es posible hacerlo con seguridad, contando con el mayor tiempo que se necesitará para ello.

Considerando que las innovaciones del Capítulo III del SEVIMAR/83, son marcadamente diferentes respecto a los anteriores, al ser fundamentadas en la mayor rapidez para realizar el abandono y una mayor garantía de lograrlo por la seguridad de las operaciones de embarco y puesta a flote, los buques que no dispongan de ellas tendrán la penalización correspondiente. Tales equipamientos son: las embarcaciones

---

<sup>134</sup> Capítulo III del SEVIMAR/83.

de *caída libre*<sup>135</sup> para los buques de carga y las MES o rampas de evacuación lateral<sup>136</sup> para los buques de pasaje.

Dentro del mismo Capítulo III, los tiempos para la puesta a flote de las embarcaciones de supervivencia y por tanto la presencia o disponibilidad de las personas que en ellas deba embarcar, se estima en 5 minutos<sup>137</sup>, tiempo que condiciona el conjunto de la evacuación.

Las preguntas de test, serán:

- . ¿Es un buque de carga o pasaje de menos de 36 pasajeros, en cualquier circunstancia?.....S/N
- . ¿Es un buque construido a partir del 01.07.86, y por tanto bajo requisitos SEVIMAR/83?.....S/N
- . ¿Buque sin anomalías detectables en el diseño de las vías de circulación para acudir a los puestos de embarco establecidos?.....S/N
- . ¿Existen cuadros de obligaciones y consignas escritas para casos de emergencia con instrucciones claras para cada persona que pueda haber a bordo?.....S/N
- . ¿El recorrido desde cualquier parte habitable del buque a los puestos de embarco o puestos de reunión, puede realizarse en un tiempo no superior a 5 minutos?.....S/N
- . ¿El recorrido de evacuación se realiza en un tiempo superior a 5 minutos pero no superior a 10 minutos?.S/N

---

<sup>135</sup> Regla 3 del Capítulo III del SEVIMAR/83.

<sup>136</sup> Regla 48, apartado 5, Capítulo III del SEVIMAR/83.

<sup>137</sup> Reglas 13 y 14 del Capítulo III del SEVIMAR/83.

. ¿En todo tipo de buque, existe la señalización suficiente que evite la incertidumbre o la acción equivocada?.....S/N

. ¿Buques de pasaje equipan instalaciones luminosas y acústicas de información para dirigir a los pasajeros a los puestos de reunión o embarco, sin error?.....S/N

### 9.13 Contenido y uso del espacio

#### 9.13.1 Método del factores K

Se trata con este parámetro, de complementar el criterio complejo de la combustibilidad del contenido con otros aspectos relacionados con su destino y ocupación, por lo que también podría decirse, que existe un componente relacionado con la evacuación al referirse indirectamente al número de sus ocupantes.

El método penaliza prácticamente cualquier actividad, con la excepción de las viviendas y oficinas, tal como se muestra en la tabla 9.26.

TABLA 9.26

Alojamientos y oficinas .....	+ 0
Zonas buque con gran número de personas.....	+10
Pañoles y bodegas.....	+30

#### 9.13.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Aunque ha sido maritimizado a efectos de su aplicación al buque, no estoy de total acuerdo con la cuantificación que se presenta, ya que no es consecuente con el riesgo que uno u otro representa como riesgo de incendio, sobre todo cuando se refiere a las áreas de acceso a las personas, sean alojamientos u otros locales.

Por esta razón, de utilizarse, deberá tratarse la cuantificación bajo otro punto de vista.

### 9.13.2 Método de G. Purt

Cuando calcula el riesgo del contenido, el método aplica un coeficiente (D) correspondiente a la destructibilidad, por el que tiene en cuenta la concentración de bienes y la posibilidad de reemplazarlos.

Los valores del coeficiente se muestran en la tabla 9.27.

TABLA 9.27

ESCALA	GRADO DE PELIGRO	COEF. D
1	Es poco susceptible de ser destruido (sectores corta fuegos).	1
2	Es susceptible de ser destruido.	2
3	La destrucción de los bienes es definitiva e irreparable.	3

#### 9.13.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

También para este método es difícil buscar una aplicación que se ajuste a las condiciones especiales que representa el buque, ya que aún eliminando valoraciones monetarias del contenido, los conceptos indicados para el grado de peligro no resultan muy apropiados.

La aplicación de la escala 3, en cuanto que la pérdida pueda constituir una amenaza para la existencia de la empresa, el buque constituye la misma esencia de la naviera y por tanto, por ser general a cualquier posibilidad no cabría aplicar su coeficiente máximo, mientras que los otros dos, el primero es la condición normal de los buques y el segundo solo aplicable cuando el buque sea de construcción y destino especiales.

### 9.13.3 Método de M. Gretener

En la cuantificación de las medidas normales de equipamiento que se analizarán en el tratamiento del parámetro correspondiente, el método define una clasificación en función de la categoría del riesgo, que incluye el número de personas que se pueden encontrar en peligro simultáneamente en un espacio o en un compartimento, así como la concentración de bienes expuestos.

Dicho tratamiento coincide con los ofrecidos parcialmente por los métodos de los factores K y de G. Purt, ya citados.

El riesgo, según M. Gretener, está dividido en tres categorías:

- . *Riesgo alto*, elementos antiguos histórico-artístico, reunión de un gran número de personas, depósitos de mercancías, explotaciones industriales particularmente expuestas al riesgo de incendio, etc.
- . *Riesgo medio*, actividades normales, reunión de personas no muy elevada, etc.
- . *Riesgo bajo*, compartimentos de un único nivel y débil carga calorífica, pequeñas afluencias de personas, etc.

Por tanto, no cuantifica directamente tales circunstancias y condiciones, si bien lo realiza a través de las necesidades creadas por dichos condicionantes, aumentando o reduciendo el valor de los coeficientes en cada una de las medidas de protección seleccionadas.

#### 9.13.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

El criterio es válido para sentar los principios de riesgo, tal como han sido presentados y filtrados de las anteriores clasificaciones presentadas por el método.

Las actividades que se desarrollan en los diferentes usos, tendrán mayor susceptibilidad al accidente según los materiales utilizados, los procedimientos operativos y el número de personas involucradas.

#### 9.13.4 Otras procedencias

Es conveniente por ello, utilizar un criterio mas amplio<sup>138</sup> y no tan restringido de la clasificación del riesgo inherente a una actividad, pudiéndose establecer, a modo de ejemplo los siguientes niveles:

- Nivel 1... Alojamientos, oficinas, oficios, cámaras.
- Nivel 2... Salas, estiba de vehículos sobre cubierta.
- Nivel 3... Buques de pasaje no superior a 36 pasajeros, talleres.
- Nivel 4... Laboratorio de máquinas, pañoles de combustibles.
- Nivel 5... Grandes buques de pasaje, sala de calderas, áreas de tanques de reserva.
- Nivel 6... Zona de carga en tanques.
- Nivel 7... Areas con gases inflamables.
- Nivel 8... Areas con gases inflamables licuados.

Con esta clasificación se pueden determinar las preguntas de test necesarias para confinar el riesgo debido al contenido o al destino que se de a un espacio dado en función de las manipulaciones u operaciones que en él se realicen.

---

<sup>138</sup> Método de K.A.O. Corporation.

#### 9.13.5 RESUMEN AL PARAMETRO DE LOS MEDIOS DEL CONTENIDO Y USO DEL ESPACIO

La variabilidad e influencia que el contenido de un buque puede mostrar en cada momento de su explotación, se trata en el apartado específico denominado *aspecto relativo al contenido*, referido a las cargas que por su tipo y tráfico pueda transportar con seguridad.

Ahora se trata de abordar el contenido, por el aspecto menos variable en función de las situaciones y de los espacios que pueden encontrarse habitualmente a bordo de la mayoría de buques.

A la vista de los criterios utilizados por los métodos analizados existe para este parámetro una estrecha relación con la ocupación del espacio, que a su vez se puede traducir en manipulación de materiales, actividades poco controladas, aspectos personales de comportamiento, etc. incluídas en el factor humano dentro de la actividad.

A nuestro criterio se puede considerar como *riesgo bajo o normal*, aquella cuya actividad no entraña de por sí un riesgo de incendio, como el desarrollado en las oficinas del buque, las zonas de seguridad para fumadores, cámaras y oficios, los alojamientos por el destino que tienen (no por la incidencia del factor humano en esos espacios), puente de navegación (causas eléctricas), y cualesquiera otros que reúnan a un reducido número de personas con una enorme posibilidad de su control, etc.

Por tanto, no es necesario para tales situaciones considerarlo para el test, ya que es normal a todos ellos, que el riesgo sea aceptado por igual en todos los buques.

El *nivel de riesgo medio*, incluiría los talleres del buque por la generación de chispas, laboratorios de máquinas por la posibilidad de derrames o reacciones químicas no esperadas, sala de calderas por la presencia continuada de quemadores y la propia esencia del elemento, pañoles de

productos combustibles debido a la manipulación de las cargas, áreas de tanques para consumo interno ante roturas y fugas de producto en cantidades elevadas y los buques de pasaje de mas de 36 pasajeros por la elevada presencia de personas cuya variedad de actitudes haga difícil el control de causas relacionadas con el factor humano.

Con todo, tales espacios también resultan normales en todo tipo de buques, así como la condición de elevada presencia de personas que es posible solo en los buques preparados para ello como son los buques de pasaje, por tanto, salvo los casos en que las circunstancias estén sobre-dimensionadas por una actividad anormal, tampoco deben representar un incremento del riesgo de incendio.

La pregunta de test, es:

. ¿Puede considerarse normal la actividad desarrollada en talleres, laboratorios y pañoles?.....S/N

En este nivel de riesgo, cabe penalizar aquellos buques de difícil concreción, en los que exista un caos organizativo por la presencia de personas sin función o conocimientos, que pudiera poner en peligro la seguridad del buque.

La pregunta de test, es:

. ¿Puede considerarse normal el número de personas que intervienen en talleres, laboratorios y pañoles, así como sus conocimientos para llevar a cabo su función?.....S/N

Finalmente, debe hacerse una mención especial a los espacios de *elevado riesgo*, determinados por la presencia de botellas o tanques conteniendo gases y/o gases licuados, no por su disponibilidad ya que es perfectamente posible encontrarlos a bordo, sino por la forma en que estén estibados y las características de los espacios que los reciban, constituirán un riesgo para la generación del incendio, y por tanto deberán ser considerados en la evaluación. Es por tanto, una consideración sobre la propia organización interna del buque, relacionada con la seguridad en general, aunque solo se tenga en cuenta la que afecta directamente al riesgo de incendio.

Las preguntas del test, serán:

. ¿Botellones de gases combustibles y licuados situados en espacios bien ventilados o en exteriores, protegidos de las fuentes de calor, incluso radiantes?.....S/N

. ¿Identificados los gases por señalización normalizada según el Reglamento de Recipientes a presión, y los circuitos conforme a las normas UNE 1063 y 48103?...S/N

. ¿Se cumplen las normas mínimas de seguridad relacionadas con la correcta sujección de los botellones a estructuras, estiba en posición vertical, control bien definido en la separación de botellas vacías de las llenas y perfecta limpieza del espacio?.....S/N

. ¿Todas las botellas equipadas con manorreductores y reguladores adecuados al gas, perfecto estado de los racores y conexiones a flexibles y buen estado de las abrazaderas?.....S/N

. ¿Disponibilidad de un programa de control periódico de fugas, instrucciones de mantenimiento y normas de manipulación?.....S/N

. ¿Disponibilidad de equipos protectores personales idóneos para el peligro agudo del gas?.....S/N

En este apartado también debe incluirse el criterio de seguridad para las áreas donde se hagan conexiones para la toma de consumos combustibles mediante procedimientos manuales y medios poco controlables.

Las preguntas del test, serán:

. ¿Se consideran las tomas para los consumos, idóneas, seguras y bien diseñadas para la correcta operación?.....S/N

. ¿Existen normas para el control de las operaciones y equipamiento de protección contra incendios?.....S/N

## 9.14 Medidas de seguridad y equipos

### 9.14.1 Método de los factores $\alpha$

El método presenta un coeficiente  $\alpha_4$  relativo a las medidas de seguridad, especialmente dirigidas a la detección del incendio, por cuanto hace referencia a las rondas de vigilancia, presencia de personal, alarma automática y la instalación de rociadores para la respuesta inmediata al inicio del suceso.

Los valores presentados en la cuantificación del parámetro van precedidos del signo menos por cuanto constituyen aspectos de seguridad que disminuyen el alcance y la gravedad del siniestro. La utilización de los parámetros solo puede realizarse alternativamente por cuanto no son aditivos.

El valor de los índices se muestran en la tabla 9.28.

TABLA 9.28

CONCEPTO	VALOR
Rondas de vigilancia permanente.....	-5
Presencia constante de personal.....	-10
Instalación de alarma automática.....	-10
Instalación de sprinklers.....	-25

Mientras, respecto a la necesidad de equipos especiales de extinción o para uso del personal, al que se podría añadir el de técnicas especiales considerando el tipo de buque o aparato, son cuantificadas por el método en el coeficiente  $\alpha_7$ , según se muestra en la tabla 9.29 con el signo positivo al constituir un aumento de las dificultades.

TABLA 9.29

CONCEPTO	VALOR
Equipos respiratorios autónomos (ERA)...	+4
Trajes y protección especiales.....	+10
Técnicas especiales de ataque.....	+10

#### 9.14.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Las rondas de vigilancia permanente puede aplicarse a los buques de pasaje, ya que el procedimiento es utilizado en complemento de las instalaciones fijas de detección, pero no alternativamente como propone el método sino como un coeficiente añadido al que representa una instalación de sprinklers, o como mínimo a la instalación de alarma automática.

En todo tipo de buque (carga y pasaje), la presencia de personal puede considerarse constante, ya que una de las buenas prácticas marinerías en la guardia consiste en rondas periódicas de un tripulante por las áreas no visibles.

En cuanto a los equipos y procedimientos especiales para la intervención, el método limita el valor máximo hasta +10 en un solo coeficiente. Por ello, la adaptación al buque, teniendo en cuenta el equipo normalizado que deben llevar los buques<sup>139</sup>, aunque limitado en número, permite la adopción de dichos valores al considerar que el uso de los ERA's representa una dificultad adicional en la intervención, y del mismo modo, la utilización de trajes de protección especiales del tipo penetración en llamas o de alta protección al calor radiante, vienen condicionados por el uso permanente del ERA. Por último, la necesidad de seguir los procedimientos aconsejados en técnicas especiales de control y extinción del incendio, o las operaciones de salvamento y rescate, justifican suficientemente la designación del máximo valor al coeficiente.

---

<sup>139</sup> Regla 17 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

### 9.14.2 Método de los factores K

De forma similar a la indicada para el método del coeficiente  $\alpha$ , aunque en cuantificación y detalle distintos, el método del factor K hace una extensa referencia al tema del equipamiento y de las medidas de seguridad aplicadas al riesgo.

El detalle de los índices de valoración se muestran en la tabla 9.30.

TABLA 9.30

a) Relativo al equipo interno de intervención:	
Con instalación interior de hidrantes.....	-25
Con instalación de extintores.....	-15
b) Instalación de sprinklers (este índice tendrá el valor de (-3) si cumple el párrafo a)....	-15
c) Vigilancia permanente con teléfono (estos índices no se valorarán si cumple con el párrafo a) y tomará el valor de (-3) si cumple con b):	
. Con avisador automático e hidrantes internos.....	-12
. Solo con avisador automático interno.....	-10
. Solo con instalación interna de hidrantes..	-9
. Con extintores o hidrantes exteriores.....	-8
. Sin otro equipo.....	-7
d) Instalación de hidrantes y extintores:	
. Hidrantes interiores sin vigilante (valor -2 en caso de cumplir con a) ó b).....	-4
. Instalación exterior de hidrantes (valor -1 en caso de cumplir con a) ó b).....	-3
. Extintores sin vigilante (valor -1 en caso de cumplir con a) ó b).....	-2

#### 9.14.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Si bien el detalle es muy extenso pretendiendo abarcar un gran número de posibilidades, las condiciones a bordo son muy concretas y por tanto la mayor parte de los índices de valoración no son aprovechables.

Del párrafo a), está claro que la aplicación es válida para el buque por cuanto el equipo de intervención es el propio, mientras, la posibilidad de hidrantes situados en el interior puede coincidir o no en función del tamaño y tipo del buque, aunque normalmente se dispondrá de tomas interiores de conexión a mangueras, sin embargo, la disponibilidad de extintores puede garantizarse, si bien no, su estado, conservación y nivel de uso, pues será una resultante de la adecuada planificación en las inspecciones y el mantenimiento necesarios.

Del párrafo b), debe decirse que dependerá en gran medida el método de protección que cumpla<sup>140</sup> según el tipo y edad del buque, que en todo caso le limita al método IIC ó II. Por ello sólo podrá considerarse tal índice de valoración si, sin tener obligación, lo llevara instalado.

Respecto del párrafo c), la vigilancia por teléfono no siempre es posible en los buques, sobre todo en los buques de mas edad. No obstante, la aclaración que acompaña hace innecesario cualquier otra consideración ya que como se dijo anteriormente, el buque cumplirá casi con toda seguridad con el contenido del párrafo a), o en todo caso con parte de él, en lo referente a los extintores, haciendo con ello que el máximo valor de los índices de este párrafo no supere el valor de -3.

Lo mismo puede decirse al comentar el párrafo d), por cuanto la valoración es prácticamente nula al cumplirse los contenidos de los párrafos a) ó b).

---

<sup>140</sup> Regla 42 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83 y R. 34 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

### 9.14.3 Método E.R.I.C.

Este método hace una valoración muy amplia de los conceptos incluidos en el parámetro, por cuanto los principios de la eficacia de la intervención descansa en 3 aspectos fundamentales:

- . la detección,
- . la alarma y alerta, y
- . los medios de protección contra la transmisión.

Para la detección emplea los siguientes criterios y valores:

- . Detección humana continua..... 0,75
- . Detección automática:
  - Detectores de humo..... 0,5
  - Detectores de llamas..... 0,65
  - Termovelocimétricos..... 0,75
  - Detectores térmicos o sprinklers..... 0,9
- . Sistema de alarmas:
  - Sin central o puesto de control..... 1
  - Alarma general..... 0,9
  - Alarma por compartimento o sección..... 0,8
- . Adquisición de la información:
  - Manual..... 0,9
  - Automática..... 0,8
- . Cierre automático de ventilación, cortafuegos, o disparo de sistemas fijos de extinción por departamentos o secciones..... 0,8

#### 9.14.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Todos los coeficientes son perfectamente asumibles en su aplicación al buque, proporcionando además un buen criterio debido al elevado grado de especificación y detalle.

#### 9.14.4 Método de M. Gretener

El método trata dichos parámetros a través de los coeficientes ( $s_n$ ) que definen la cuantificación por medidas especiales aplicadas, en la detección, transmisión de la alarma, instalaciones de extinción y de evacuación de humos.

- . Detección del fuego ( $s_1$ ):
  - Vigilancia humana..... 0,9
  - Instalación automática de detección..... 0,7
  - Detección automática por rociadores..... 0,8
  
- . Transmisión de la alarma ( $s_2$ ):
  - Por teléfono interior..... 0,95
  - Por teléfono y mas de una persona..... 0,9
  - Por centro de control..... 0,8
  
- . Instalaciones ( $s_5$ ):
  - Rociadores de doble abastecimiento..... 0,5
  - Rociadores de abastecimiento sencillo..... 0,6
  - Extinción automática por gases..... 0,75
  - Instalación de evacuación de humos..... 0,8

##### 9.14.4.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

También para este método las medidas especiales son valoradas ampliamente, si bien en menor detalle que el proporcionado por el método E.R.I.C., pero dentro de un mismo orden de cuantificación.

Todos los coeficientes son por tanto, perfectamente asumibles para su aplicación a bordo, aunque solo serán aceptadas las que constituyan y estén investidas del carácter de especial, no por el cumplimiento de los Convenios.

#### 9.14.5 Métodos según Convenios SEVIMAR

Con la evolución de los Convenios SEVIMAR puede observarse la sucesiva incorporación de la tecnología preventiva y de protección en el campo del incendio.

La detección es normalmente llevada a cabo por una combinación de detectores automáticos de fuego y sistemas manuales de alarma.

La protección contra incendios en los buques es una combinación de defensa pasiva (protección estructural, vías de evacuación, etc.) y activa (sistemas de detección y extinción) formando juntos un sistema integrado.

##### 9.14.5.1 Del SEVIMAR/83 respecto del SEVIMAR 74/78

Puede decirse, que además de una mayor concreción en las especificaciones técnicas de las instalaciones fijas según el tipo de buque considerado, se incorpora un sistema ya ampliamente conocido en otras actividades, como son los detectores de humos por extracción de muestras<sup>141</sup>, si bien no queda suficientemente desarrollado.

Entra en detalle con las especificaciones de las instalaciones o sistemas que utilizan hidrocarburos halogenados<sup>142</sup>, si bien cabe decir, que ha dejado de tener la importancia capital que se le asignaba debido a los devastadores efectos sobre la biosfera, por lo que se prevee su sustitución por otro agente extintor.

Se concretan con mayor profundidad los dispositivos de extinción de incendios en los espacios de máquinas según su destino y equipos<sup>143</sup>.

---

<sup>141</sup> Regla 13-1 del citado Convenio.

<sup>142</sup> Regla 5 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>143</sup> Reglas 7 a la 11 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

Se aporta una amplia referencia a los sistemas fijos de detección de incendios y de alarma<sup>144</sup>, si bien no permite la instalación de los detectores de llamas a menos que trabajen conjuntamente con los de humo y de calor.

Añade las consideraciones sobre sistemas fijos de detección de incendios y de alarma para espacios de máquinas sin dotación permanente<sup>145</sup>.

Prescribe las condiciones de los sistemas de ventilación de los buques que no siendo buques de pasaje transporte mas de 36 pasajeros<sup>146</sup>, importante entre otras consideraciones por el equipamiento de válvulas de cierre automáticas de mariposa en los conductos de ventilación de los espacios de categoría A para máquinas.

También se establecen las prescripciones especiales de equipamiento aplicables a los buques que transporten mercancías peligrosas<sup>147</sup>.

#### 9.14.5.2 Del Convenio SEVIMAR/60

Son destacables las diferencias existentes entre este Convenio y los posteriores, por cuanto ni se baja a niveles de detalle aceptables por los criterios actuales, ni se cuenta con la variedad de sistemas suficientes.

El tratamiento se ve limitado a las exigencias del método de protección seleccionado y las especificaciones supeditadas a criterios de la Administración correspondiente, la mayoría de ocasiones muy inconcretas, sirviendo de ejemplo<sup>148</sup>, por la que se cita: *las bocas de los rociadores deberán funcionar a las temperaturas que señale la Administración.*

---

<sup>144</sup> Regla 13 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>145</sup> Regla 14 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>146</sup> Regla 16 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>147</sup> Regla 54 del Capítulo II-2 del SEVIMAR/83.

<sup>148</sup> Regla 59 del Capítulo II del SEVIMAR/60.

#### 9.14.5.3 Otras consideraciones a los equipos.

El Comité de Seguridad Marítima, a través del Subcomité dispuesto para el Diseño y Equipamiento, presentó el 2.1.86 un documento por el que se pretende uniformizar las alarmas e indicadores para el cumplimiento de los Capítulos II-1 y II-2 del SEVIMAR.

Tomadas en consideración las que tienen una aplicación directa a la protección contra incendios, se obtienen las siguientes indicaciones:

- . Las alarmas de incendio deben ser principalmente señales audibles. Sin embargo, en espacios de máquinas con elevado nivel de ruido, las señales audibles pueden ser complementadas por señales visuales. Las señales audibles también pueden ser complementadas por señales visuales en espacios de alojamiento.
- . En espacios de gran superficie y longitud se instalarán las alarmas necesarias repetidoras.
- . Las señales audibles serán del tipo destellante, permanecerán activas hasta ser identificadas y anuladas de conveniencia, aunque si le sigue una segunda activación después de anulada, volverán a ponerse en funcionamiento. Solo podrán anularse desde el puesto de control.
- . Serán de seguridad positiva, accionándose en caso de circuito abierto. Cualquier fallo de la energía será indicado por alarma.
- . Se dispondrán de equipos para prueba e indicadores de estado, así como de ajustadores de frecuencia para que dentro de los límites impuestos puedan distinguirse de las condiciones de ruido ambientales.
- . Las alarmas audibles no podrán tener mandos para control del volumen.

Las señales visuales deberán:

- . Ser bien visibles y distinguibles en cualquier dirección o por reflexión en todas las partes del espacio.

- . Color de acuerdo al cuadro.
- . Destellos que proporcionen luz al menos el 50% del ciclo en frecuencia mínima de 0,5 y máxima de 1,5 Hz.
- . De elevada intensidad luminosa.
- . Dispuestos en suficiente número en largos espacios.
- . Anulables al mismo tiempo que lo sean las señales audibles.

Características de las alarmas.

**Servicio de emergencia para alarma de incendio.**

Equipo de señales:

En espacios de máquinas..... sirena

En otros espacios..... campana

Característica de señal (esquema):

En todos los casos..... intermitente.

Frecuencia de la señal:

En todos los casos..... 500 a 1000 Hz  $\pm$  5%

Color visual de la señal:

En todos los casos..... Roja.

**Servicio de emergencia para alarma de agente extintor.**

Equipo de señales:

Podrá utilizarse..... Sirena ó bocina

Característica de la señal:

En todos los casos..... Continua.

Frecuencia de la señal:

Cuando se utilice sirena..... 1000 Hz  $\pm$  5%

Cuando se utilice bocina..... 600 Hz  $\pm$  5%

Color visual de la señal:

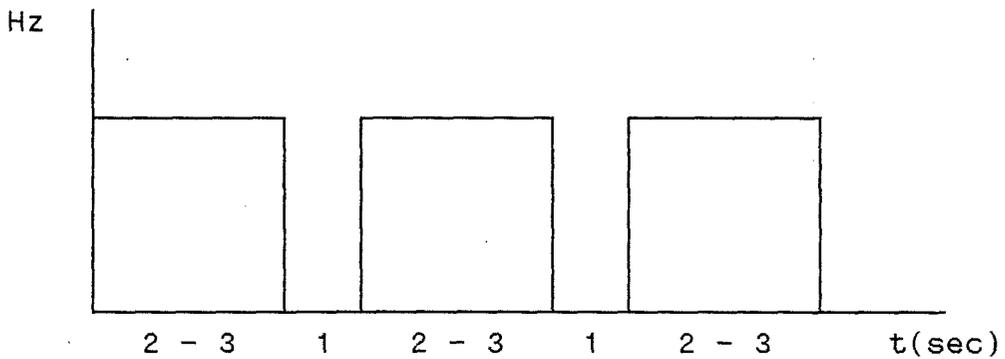
En todos los casos..... Roja.

### Características de los indicadores de alarma.

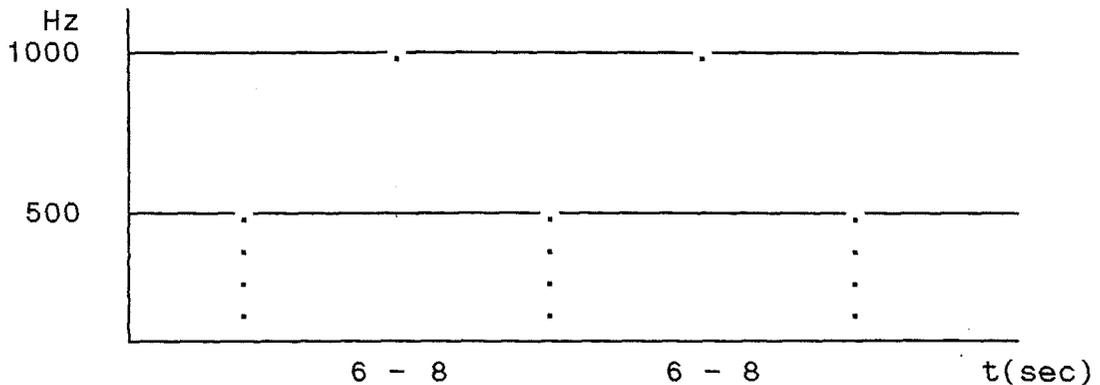
- . Emitirán señales de destello y serán del tamaño adecuado para ser claramente leíbles y diferenciados de cualquier otra luz o señal visual. Las letras identificarán el agente extintor en el caso de ser utilizadas para alarma de disparo (p.e. CO<sub>2</sub>, HALON, etc). En el caso de alarma de fuego el pictograma es similar a la etiqueta de peligro para productos inflamables sin mas especificación.
- . Se anularán al mismo tiempo que la señal audible.
- . Serán de color rojo.

#### 9.14.5.4 CARACTERISTICAS DE LA SEÑAL AUDIBLE

Para la señal intermitente emitida por la campana.(Fig. 9.31)



Para la señal intermitente emitida por la sirena.(Fig. 9.32)



#### 9.14.5.5 Consideraciones al método y su aplicación al buque

En primer lugar, la edad del buque en su inclusión en uno u otro Convenio tendrá una significancia importante, y en segundo término la consideración de eficacia de los sistemas fijos que los buques puedan equipar y sus características técnicas respecto al conjunto de posibilidades.

Se tendrá especial atención a las necesidades reales que justifique el tipo de buque en razón de aplicar o no, medidas adicionales en razón a la superficie del sector que deba cubrirse, como sería los monitores orientables manualmente o a distancia, en buques distintos a los buques tanque.

**9.14.6 RESUMEN AL PARAMETRO DE LAS MEDIDAS DE  
SEGURIDAD Y EQUIPOS**

Con el análisis de los SEVIMAR ha quedado bien patente que el equipamiento de sistemas fijos en el buque ha aumentado considerablemente a partir del Convenio SEVIMAR 74/78, por ello, su entrada en vigor marcará la frontera de nuevos horizontes en la incorporación de tecnología a la seguridad contra incendios de los buques.

Sin embargo, el aspecto del mantenimiento programado y las propias condiciones agresivas del medio marino aportan ciertas dudas en el grado de eficacia que las instalaciones protectoras ofrece en un momento dado de la vida del buque, puesto que tales equipos pueden requerir una frecuencia mayor en la inspección y saneamiento de sus partes vitales, que no siempre son llevadas a cabo en el buque, a menudo con claras diferencias con las actividades terrestres en ese sentido.

Las preguntas de test, son:

. ¿Es un buque bajo cumplimiento del SEVIMAR 74/78 o de fecha posterior?.....S/N

. ¿Se realiza un seguimiento efectivo del estado de las instalaciones con mantenimientos programados y pruebas reales de disponibilidad?.....S/N

La situación actual de la vigilancia en el buque y la organización de las guardias, tanto en puerto como en la mar, puede considerarse en términos medios como la mínima necesaria para garantizar la detección inmediata de cualquier foco de incendio, sea cual sea la situación del foco inicial, por ello tal circunstancia no debe incidir en ningún sentido en el propio riesgo de incendio.

Sin embargo, no ocurre lo mismo cuando se tienen en cuenta el tipo o clase de detección automática que un buque puede equipar dentro de la amplia selección posible entre varios sistemas, ya que si bien cumplen con el Convenio

correspondiente, la elección no siempre es la mas conveniente para el buque, al no ser relacionado con el tipo de riesgo. Es por tanto importante, que en la elección del sistema detector se relacione las características de trabajo de cada uno de ellos con las condiciones reales del espacio a proteger. Por estas razones:

a) los sistemas detectores de humo, bien sean ópticos o iónicos (aunque preferentemente estos últimos), son de mas amplia aplicación y eficacia que cualquier otro en espacios donde la actividad no genere vapores o humos.

b) a pesar de la poca confianza que le proporciona el SEVIMAR a los detectores de llamas al tener que asociarse con los de humos, estos pueden representar por si solos una excelente detección en numerosos espacios donde no existan focos de llamas para la operatividad del buque.

c) los detectores de calor (térmicos estáticos, termovelocimétricos, neumáticos o termoeléctricos) tienen una respuesta mas lenta que los anteriores y menores superficies de control.

Los buques sujetos al cumplimiento del SEVIMAR/60 solo están obligados a un sistema específico para la detección en seguimiento del Método III, ya que el para el Método II la detección se realiza por rotura de sprinklers; mientras que para los buques sujetos a Convenios posteriores, la instalación de un sistema de detección es considerado normal a todos ellos.

Las preguntas de test, son:

. ¿Es un buque bajo cumplimiento del SEVIMAR 74/78 o de fecha posterior?.....S/N

. ¿Los sistemas de detección instalados son adecuados al espacio que protegen?.....S/N

. ¿Son preferentemente detectores de humos (iónicos) y/o de llamas, en los espacios que permitan su correcta instalación?.....S/N

Referente a las señales de alarma y avisadores, lo importante a considerar es la idoneidad del sistema de acuerdo a las nuevas tendencias que las potencian en orden a su eficacia, al no ser confundidas con otros ruidos existentes por considerar las frecuencias y los períodos, tal como se presentó por el Comité de Seguridad Marítima, si bien por la fecha de la propuesta solo afectará a los buques de una nueva revisión del SEVIMAR/83, aunque tales consideraciones ya deberían ser incluidas desde el mismo momento en que se citaron las alarmas y se hablaba de sus características, tal como se realizó para las señales acústicas de maniobra<sup>149</sup>.

La pregunta de test a realizar, es:

. ¿Las características de las señales de alarma son adecuadas a las condiciones de ruido del espacio que protegen, analizadas ambas por un analizador de frecuencias acústicas y sonómetro?.....S/N

Respecto a los sistemas fijos con que esté equipado el buque, es evidente que también estarán condicionados a las exigencias del Convenio SEVIMAR que le corresponda por su edad, extraordinariamente positivas cuanto mas reciente sea éste. No obstante, aún existiendo preferencias de elección entre las posibles soluciones, el sistema fijo que equipe el buque deberá considerar y justificar las necesidades reales por actividad. Por tanto, las diferencias entre uno y otro buque respecto a la protección que ofrecen sus sistemas fijos, puesto que ambos cumplen con las exigencias mínimas del Convenio correspondiente, serán el grado de eficacia proporcionadas por la operatividad.

La pregunta de test, es:

. . ¿Son operativas todas las instalaciones fijas de extinción y control?.....S/N

---

<sup>149</sup> Anexo III. Detalles técnicos de los aparatos de señales acústicas del Reglamento Internacional para Prevenir abordajes en la mar, en vigor desde el 15.7.77 y posteriores enmiendas.

## 9.15 Influencia del personal y los planes de intervención

### 9.15.1 Método E.R.I.C.

El método considera la importancia del nivel de formación y preparación contra incendios que dispone el personal interno de la empresa (buque), si existe.

Los coeficientes indicados en el método son los expuestos en la tabla 9.33.

TABLA 9.33

Para un servicio de intervención propio.....	0,65
Sin dicho servicio.....	1

#### 9.15.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Debe comentarse, que un servicio de bomberos de empresa representa un nivel de conocimientos muy importante si es comparado con el resto de personal que pueda normalmente actuar en ayuda de los primeros, siendo casi comparables (salvo la carencia de una mayor experiencia, aunque solventada por los conocimientos mas extensos de las circunstancias y condiciones internas) a los bomberos profesionales integrados en un cuerpo oficial de emergencias. Es evidente que premia en buena medida dicha disponibilidad puesto que constituye un elemento eficaz para la inmediata intervención, con plenos conocimientos del estado actual de la situación.

Este aspecto ha sido tratado en los apartados referentes a las exigencias de formación a tripulaciones mínimas y la normativa de formación especializada, resultantes del cumplimiento del Convenio STCW/78.

### 9.15.2 Método de M. Gretener

El método trata el parámetro de la disponibilidad de personal preparado para la intervención sin prever la acción individual que puede representar tal circunstancia, ya que efectúa un tratamiento general teniendo en cuenta la siempre disponibilidad de bomberos profesionales externos a la empresa, circunstancia lógica de entender en tierra.

Sin embargo, ofrece en la distinción entre bomberos de empresa una clasificación muy interesante en cuanto a su composición numérica que enlaza perfectamente con un criterio de posibilidades en el posible control del incendio y la extinción deseada. Los niveles filtrados para el buque, se indican en la tabla 9.34.

TABLA 9.34

Nivel 1....	Grupo de extinción compuesto al menos por 10 personas formadas para extinguir el fuego.
Nivel 2....	Cuerpo de bomberos de empresa constituido por 20 personas como mínimo con organización propia.

#### 9.15.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Deben aplicarse las mismas consideraciones efectuadas al método E.R.I.C. para este parámetro, relativo al concepto de bombero de empresa.

Por otro lado, el criterio aportado por el nivel en que pueda incluirse el personal disponible, representa una posibilidad adicional para el tratamiento global de la lucha contra incendios y su eficacia.

Este planteamiento está relacionado y sustentado directamente con las consideraciones efectuadas en los apartados referentes al *Cuadro indicador de tripulaciones mínimas y Tripulaciones actuales en buques nacionales.*

### 9.15.3 Del método K.A.O.

Si bien el método es poco utilizable a efectos de su posible aplicación al buque, no obstante muestra ciertos criterios que permiten un tratamiento mas específico del parámetro. Dichas consideraciones hacen referencia a la relación existente entre los equipos humanos y los equipos materiales disponibles, expuestas en las siguientes consideraciones:

. Cuando los equipos humanos propios son suficientes numéricamente pero no se saben utilizar los medios de lucha contra las emergencias, debe considerarse el equipo humano propio como insuficiente.

. Si los equipos humanos propios son suficientes y saben utilizar los medios pero no están organizados al no disponer de un plan permenorizado para las emergencias, se trata de equipos humanos parcialmente suficientes.

#### 9.15.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Los criterios proporcionados por el método permiten ajustar mas estrechamente la capacidad del componente humano en la intervención, puesto que sobradamente ha sido demostrado que aún disponiendo del equipamiento exigido por los Convenios, en un buen número de casos, no se han utilizado en la forma correcta y mas eficaz. Por esta razón, tales criterios deberán tenerse en cuenta para la cuantificación del parámetro.

#### 9.15.4 Métodos de los Convenios Marítimos

No existe en los Convenios SEVIMAR referencias concretas a la preparación de la tripulación para hacer frente a una situación de emergencia por incendio a bordo.

Por ello, debe recurrirse al Convenio STCW/78 dedicado específicamente a la formación.

Del mismo debe destacarse, que en términos generales sólo hay referencias claras y precisas a los conocimientos contra incendios que debe disponer la oficialidad del buque.

Para que dicha formación alcance también al resto de la tripulación debe bucearse en el Capítulo V, del STCW/78 aplicable a los requisitos especiales para el personal de buques tanque<sup>150</sup>, donde se incluye la formación y competencia de los marineros, además de la ya mencionada para capitanes y oficiales. Tales requisitos incluyen el haber terminado un cursillo apropiado de lucha contra incendios desarrollado en tierra.

Debe destacarse el empeño de la Administración Marítima española<sup>151</sup> en lograr un nivel adecuado de las tripulaciones nacionales mediante el plan de formación y requisitos, que debe finalizar en su primera fase y nivel básico, el 1 de Enero de 1994.

---

<sup>150</sup> Reglas V/1 para petroleros, V/2 para quimiqueros y V/3 para gaseros.

<sup>151</sup> Orden de 29.3.90, B.O.E. nº 86 de 10.5.90

#### 9.15.5 RESUMEN AL PARAMETRO DEL PERSONAL Y PLANES DE INTERVENCION

Este parámetro que depende de la disponibilidad del número de tripulantes, sus conocimientos y a la organización interna motivada por un acercamiento a las necesidades reales del buque para una correcta intervención en caso de incendio.

El número mínimo de tripulantes para la flota nacional está acotado entre 8 y 25, según el tonelaje y detalle indicados en el apartado denominado *Tripulaciones actuales en buques nacionales*, que podría reducirse, en su límite superior, a unos 20 si se aplicara a buques de otros pabellones.

Las necesidades mínimas de efectivos humanos para una intervención normal que proporcione ciertas garantías de seguridad a sus componentes y puedan asegurarse operaciones secundarias de apoyo al tratamiento global de la operación, estaría compuesta por 8 personas, con las siguientes funciones:

- . 4 personas para manejar 2 líneas de mangas, y realizar operaciones de rescate.
- . 1 persona para apoyo de los primeros, para las comunicaciones, válvulas, etc.
- . 1 persona para dirigir las operaciones del grupo de intervención frente al fuego.
- . 1 persona para el control de las instalaciones.
- . 1 persona para el control del buque y entorno.

Este detalle coincide con el mínimo de tripulantes que cabe esperar en cualquier buque sea cual sea el tonelaje considerado, otro aspecto será el tiempo de realización de las operaciones que será tratado en el capítulo siguiente.

Si se consideran los conocimientos disponibles por la tripulación, en base a las conclusiones que se hicieron en el capítulo correspondiente, de ellos, solo el 17% podrá enfrentarse con seguridad a la intervención, por lo que el máximo número de personas válidas, considerando una tripulación de 25, apenas alcanzan los 5.

En estas circunstancias, teóricamente, en los buques con menor tripulación se lograría el número de personas formadas mínimas para la intervención, solo al finalizar la etapa prevista para el 1992, mientras que para otros, tal cifra se alcanzaría en el 1991, considerando un ritmo de formación de 3000 marinos/año.

Sin embargo, considerando el mayor control que es posible realizar de un incendio declarado en un buque de pequeño tonelaje, un mayor porcentaje de tripulaciones medias alrededor de los 16 tripulantes, y la necesidad de que existan mandos que dispongan conocimientos mas extensos para poder dirigir la operación con garantías de éxito, a efectos de seguir con el tratamiento utilizado para los parámetros que se intentan cuantificar, parece indicado establecer unos porcentajes de tripulación formada, a partir de los cuales se penalizaría la realidad del buque.

Las preguntas del test, son:

. ¿El número de tripulantes formados en lucha contra incendios es superior al 50 por ciento del rol, demostrable por certificados personales?.....S/N

. ¿El número de tripulantes formados en lucha contra incendios es superior al 25 por ciento del rol, demostrable por certificados personales?.....S/N

. ¿El número de oficiales formados en el segundo nivel de lucha contra incendios es superior al 50 por ciento de la totalidad?.....S/N

Este planteamiento debe provocar una positiva reacción en los responsables del personal (armadores) para facilitar que sus tripulaciones asistan a cursillos de formación que normalice la situación deficitaria actual.

Si consideramos la disponibilidad de planes de intervención, se observa una carencia de planificación organizativa para la mayor parte de los numerosos casos que pueden darse a bordo de cualquier buque.

Lo que un buque dispone en ese tema, fue comentado en el apartado sobre el *cuadro indicador de tripulaciones mínimas*, por cuando en ese documento se indican las funciones asignadas a cada tripulante, de una forma genérica y elemental a las causas mas frecuentes del accidente marítimo, sin aplicación directa a casos determinados en cada uno de ellos. En caso de declararse un incendio real, la improvisación de las acciones de intervención encajan dentro de los esquemas mas elementales, con posible pérdida de tiempo, divergencia o dualidad de funciones, una eficacia reducida y un alto riesgo de no controlar la emergencia.

De uno de nuestros mas modernos buques y también de mas riesgo por sus cargas (fig. 9.35), se obtienen funciones tan amplias y tan poco concretas dirigidas a los oficiales que deben ejecutarlas, como "*prevenir ignición, parar emanación, contener fuego, valorar situación, dirige, asiste, etc.*" o para el resto de la tripulación, expresiones tales como, "*asiste, responsable detección pérdidas, a órdenes, equipo extra, etc.*", que precisan todas ellas de un mayor detalle y permenorización que elimine dudas, titubeos, acciones inadecuadas que tengan de ser enmendadas posteriormente, etc. Estos detalles solo pueden definirse si son analizadas previamente mediante simulacros en los que el personal conozca las distintas variables para que en el caso real, la sorpresa sea menor y la decisión mantenga un orden lógico y conocido, dejando de lado la improvisación, a la vez que, al disponer por escrito sus funciones pueda analizarlas en cualquier momento y mantener sus conocimientos actualizados a medida que la experiencia práctica lo demanden.

El formulismo que permite su ejecución son los llamados *planes de intervención*, que deberían ser utilizados en los

EMERGENCIAS	Nº 1 1º OFICIAL	Nº 2 1º OFICIAL MAQUIN.	Nº 3 3º OFICIAL	Nº 4 MECANICO	Nº 5 BOBERO	Nº 6 CONTRAMAESTRE	Nº 7 - 8 - 9
FUGAS Y DERRAMES	<u>DIRIGE</u> El grupo para: 1º- Parar emanación. 2º- Prevenir ignición	Asiste a nº 1 C. B. A. Ropa protección	C. B. A. Ropa protección	Asiste a nº 5 Ropa protección	Responsable detección pérdida. C. B. A.	Dirige a 7 - 8 - 9	Agua protección y equipo extra
FUEGO	<u>DIRIGE</u> 1º- Parar afluencia 2º- Contener fuego 3º- Rescate personal	Asiste a nº 1 C. B. A. Ropa protección	C. B. A. Ropa protección	Asiste a nº 5 Ropa protección	Responsable detección pérdida C. B. A.	Dirige a 7 - 8 - 9	Protección agua nº 1-2-3-4-5
CARGA							
ABANDONO CON GASES TOXICOS	<u>MAR</u> Botes C. B. A. evacuac. <u>PUERTO</u> Señalar ruta segura Para evacuar al personal	C. B. A.	C. B. A.	Asiste a nº 1	Asiste a nº 1	A órdenes nº 1	A órdenes nº 6
FUEGO EN ACONODAC.	<u>DIRIGE</u> Valora situación Informa al Puente	C. B. A. Manguera contra incendios.	Equipo Búsqueda y Rescate	Asiste a nº 2	Asegura bombas y válvulas carga.	Dirige a 7 - 8 - 9	Arranchar mangueras para 2 y 4
FUEGO EN MAQUINAS	1º-Prepara Equip. extra 2º-fuego no salga máq. 3º-Rescate Heridos	<u>DIRIGE</u>	Permanece fuera de máquina. Asiste nº 1	Asiste a nº 2	Asiste a nº 2	Dirige a 7 - 8 - 9	Arranchar mangueras y Equipos
RESCATES	<u>DIRIGE</u> C. B. A. NO ENTRA.	C. B. A. Repuesto C. B. A.	Sustituye B 1 o 2 si retrasan. Equipo Izado	Asiste a nº 2	Cantidad gas y oxígeno	A órdenes nº 1	Izado y Rescate
HOMBRE AL AGUA	Botes y funcionamiento correcto	Responsable motor	VIF Embarrancar bote	Arriado	Arriado	Arriado y Tripulante	Tripulante bote
VARADA O	Control avería Investigación	Si el impacto es en máquinas	Asiste a nº 1	Asiste a nº 2	Asegurar cargamen-	A órdenes nº 1	A órdenes nº 6

Fig. 9.35

ejercicios periódicos al que los buques están obligados a ejecutar, y por el que todo tripulante debe pasar necesariamente al menos un ejercicio de lucha contra incendios<sup>152</sup> todos los meses.

Los planes de intervención tienen la finalidad de preparar la tripulación para que en el caso real logre el control y la extinción del incendio en el menor tiempo posible y hacerlo con un mínimo de daños garantizando así la integridad del buque.

Deben contener una parte teórica donde se expongan los aspectos concretos del tema con visitas a los lugares referidos durante la exposición de objetivos, en las que se habrán incluido las tácticas y procedimientos mas adecuados para el caso supuesto.

La parte práctica consiste en la ejecución en un momento conocido o sin aviso previo, durante las que se van corrigiendo los errores o aspectos negativos que el supuesto va requiriendo. Posterior al ejercicio es preciso que se reúnan todos los participantes para analizar las impresiones, detalles y modificaciones que sean resultantes del plan.

El nivel del ejercicio deberá adecuarse a los conocimientos medios de la tripulación para que sean asumidos sin grandes problemas por la mayoría y aumentar la complejidad de los mismos hasta el mayor grado posible de realismo.

Para un correcto diseño de un plan de intervención será necesario formalizar los datos siguientes:

1. Por ser múltiples las situaciones que pueden presentarse, previamente se eligen las de mayor riesgo y preocupación, combinándolas con el grado de dificultad deseado. Un plan completo y complejo debe incluir una fuga, seguida de derrame e incendio, rescate y socorrismo de accidentados con aplicación de primeros auxilios, focos secundarios de fuego a nivel inferior con humos en interiores,

---

<sup>152</sup> Regla 18, Capítulo III del SEVIMAR/83.

- control de los mismos, control del derrame, reducción y taponamiento de la fuga y extinción.
2. Establecer un viento de dirección e intensidad determinados, datos que en cualquier emergencia serán necesarios concretar, recordando que la finalidad es evitar la propagación del incendio y por otro, la reducción de daños.
  3. Concretar los lugares que se verán afectados y por ende, los productos y materiales que se encontrarán. En base a ello, los sistemas fijos, equipos portátiles, puertas estancas, límites de la sección, divisiones resistentes, etc.
  4. Determinar el número de tripulantes y su distribución en los distintos grupos que puedan formarse, ajustándose a las indicaciones contenidas en el cuadro orgánico.
  5. Controlar los tiempos del caso supuesto, y las incidencias que en ellas se vayan detectando, unas veces corrigiéndolas sobre la marcha y otras dejando que las cosas se desenvuelvan libremente para que sean mas patentes las acciones inadecuadas llevadas a cabo.
  6. Analizar lo sucedido mediante la participación de todos, plasmando en esquemas los resultados finales de tal forma que sirvan de guía para posteriores simulacros y fuente para los casos reales que pudieran suceder en el espacio considerado y causa supuesta.

Un plan de intervención completo, aplicado a la sala de máquinas y obtenida de fuentes procedentes del Germanischer Lloyd, es la que se muestra como deseable para cualquier plan que pueda diseñarse en el buque (fig. 9.36).

Sin necesidad de encontrarlos a bordo en tal grado de desarrollo, cualquier aproximación facilitaría una idea sobre la preocupación en el tema y preparación de la tripulación.



Las preguntas de test, serán:

- . ¿Se realizan periódicamente los ejercicios contra incendios, al menos 1 vez al mes para cada uno de los tripulantes?.....S/N
  
- . ¿El contenido y desarrollo de los ejercicios es adecuado al tipo de buque y el tráfico a que está destinado?.....S/N
  
- . ¿Se dispone de planes de intervención escritos y desarrollados para un gran número de departamentos, espacios, condiciones y circunstancias?.....S/N

Finalmente, expresar mi total conformidad con las dos consideraciones manifestadas en el apartado C. de este capítulo pertenecientes al método K.A.O., ya que hasta muy recientemente, la aplicación en los buques correspondía exclusivamente al primer aspecto, mientras que ahora y en el plazo de unos años estaremos bajo el condicionante del segundo, hasta no se logre un número aceptable de oficiales que pasen por el nivel medio de lucha contra incendios.

## 9.16 Influencia del tiempo y dificultad de la intervención

### 9.16.1 Método de los factores $\alpha$

Los valores que proporciona el método para cuantificar el parámetro de la influencia del tiempo necesario para iniciar las acciones de la intervención, están representados por el factor  $\alpha_5$ , relacionadas a su vez, con el nivel formativo de los componentes en la intervención.

Dichos valores son:

- . Para bomberos no profesionales (poca experiencia, pocos conocimientos, asistencia)... 0
- . Para personal propio especializado..... -7

siempre que actuen en un tiempo no superior a 10 minutos.

Es decir, premia la existencia de personal con los conocimientos específicos para el riesgo que representa el buque por su tipo o tráfico, lo que redundará en una garantía de eficacia en la intervención.

El método proporciona valores de  $\alpha$  para respuestas no superiores a 5 minutos y para superiores a 20', que sin embargo, se consideran muy insuficientes para acudir totalmente protegidos y equipados o excesivo dada su permanencia constante a bordo, sea cual sea la eslora considerada.

A través del factor  $\alpha_5$ , el método muestra la parte de gravamen que constituye las condiciones y circunstancias especiales de una intervención.

El procedimiento seguido es el cálculo en minutos que se considera se necesitará en vencer las dificultades hasta llegar a una acción directamente aplicable para el ataque al fuego, es decir, ciertas operaciones de la lucha contra incendios pueden requerir otras acciones paralelas para lograr el acercamiento o la aproximación al lugar del suceso o bien el accionamiento de equipos que puedan poner al siniestro bajo control.

Cada 2 minutos de ese tiempo necesario, es penalizado por el valor +1, por lo tanto bastará con el conocimiento detallado de la acción, cuantificarla en minutos y posteriormente dividirlo por 2. El valor total alcanzado es el  $a_6$ .

#### 9.16.1.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

Como el método no establece una serie de posibilidades, puesto que cada operación es resultado del tiempo a emplear, podría darse el caso de que una acción en espacios de carga que se accediera directamente al nivel del foco original del incendio fuera de unos 10 minutos y por tanto su coeficiente igual a +5, o bien, en el mismo espacio de carga pero con un acceso desde la boca de escotilla pudiera representar de 30 a 40 minutos con un coeficiente igual a +20, o un ataque directo a la sala de máquinas requerir un tiempo de 20 minutos con un coeficiente de +10.

La dificultad de intervención podrá siempre ser reducida a un mínimo, en función de la mejor preparación del personal que intervenga y en la disponibilidad de equipos que disminuyan las limitaciones humanas.

### **9.16.2 Método del factor K**

El método, junto con otros muchos, establece que una buena intervención es la que se puede iniciar en menos de 10 minutos una vez conocida la existencia del suceso, por ello, cuando ocurre en ese lapso de tiempo la bonifica con un factor de valor igual a -5.

Una intervención en el intervalo de 15 a 20 minutos es considerada como normal y obtiene la valoración neutra de cero.

Cualquier dificultad en la intervención debida a los accesos u otras causas, de existir, es penalizada con un factor cuyo valor oscila entre 0 y +3.

#### **9.16.2.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque**

Es aplicable en la misma medida que se citó para los comentarios citados en los factores a.

### **9.16.3 Método de G. Purt**

Aplica de forma similar a los anteriores, un coeficiente(L) correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción, que para nuestro objetivo adquiere un valor igual a 1 para los tiempos de intervención de 10 minutos para bomberos de empresa.

#### **9.16.3.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque**

Es aplicable en la misma medida que se citó para los comentarios citados en los factores a.

#### 9.16.4. Método de E.R.I.C.

Establece unos coeficientes de ponderación en función de la clase o nivel de conocimientos y tiempo previsto para la intervención.

Los valores de dichos coeficientes tienen un peso específico muy bajo para las condiciones mas normales para su posible aplicación a bordo, ya que para una acción en menos de 10 minutos (el habitual) y un cuerpo deseablemente especializado, es de 0 y -0,1, incrementándose posteriormente a medida que decrece el nivel de conocimientos o bien aumenta el tiempo de intervención.

#### 9.16.5 Método de M. Gretener

Tal como sucede para el método anterior, el valor normalizado del coeficiente ( $s_4$ ) adquiere la cuantificación de .1 para tiempos de intervención que no superan, esta vez, los 15 minutos. No obstante también lo relaciona con la intervención de bomberos profesionales altamente especializados, lo que impide una extracción de su valor.

##### 9.16.5.1 Consideraciones al método y su aplicación al buque

De todas formas, es evidente que lo mas importante para todos los métodos analizados en los relacionado con el tiempo de intervención, está entre 10 y 15 minutos, mas que en el tipo, clase o nivel de los componentes en la intervención, consideración por demás bien justificada si se tiene en cuenta la curva de evolución de cualquier incendio, mas o menos coincidente con la curva normalizada de temperaturas y magnitudes.

En el caso del buque, los tiempos de respuesta están comprendidos dentro de los límites aceptables, o incluso mas cortos, de 5 a 10 minutos, por lo que el coeficiente que se adopte, solo se verá condicionado por los conocimientos de la tripulación.

9.16.6 RESUMEN AL PARAMETRO DEL TIEMPO Y DIFICULTAD  
DE LA INTERVENCION

Para establecer con mayor exactitud el tiempo necesario para que los componentes de la tripulación estén en condiciones de ejecutar una intervención eficaz, se considerará el peor de los casos, coincidente con las horas de descanso nocturno en que solo debe contarse con las guardias habituales de puente y máquinas, compuesta por oficial y subalterno en ambos departamentos, pudiendo llegar al caso extremo de ser buque equipado con máquinas desasistidas, en cuya circunstancia solo estarían de guardia las dos personas del puente.

La respuesta en tiempo sería:

**Para el personal de guardia (oficiales)**

- . Detectar el foco del incendio y valorar la situación relacionándola con el resto del buque..... 1 minuto
- . Adoptar decisión y dar las órdenes precisas al subalterno que le asiste..... 1 -"-
- . Pulsar señales de alarma y establecer las comunicaciones internas necesarias..... 1 -"-
- . Acciones iniciales relacionadas con los sistemas fijos y bombas C.I..... 2 -"-

-----  
Tiempo total.... 5 minutos  
=====

**Para el personal de guardia (no oficiales)**

- . Tiempo en recibir las órdenes..... 2 minutos
- . Acudir al lugar de estiba del equipo de bombero..... 2 -"-
- . Equiparse para la intervención..... 1 -"-
- . Llegar al lugar de reunión o incendio.... 2 -"-

-----  
Tiempo total.. 7 minutos  
=====

Para el personal fuera de servicio

- . Despertar e interpretar la señal de alarma..... 1 minuto
- . Vestir ropas mínimas..... 1 -"-
- . Acudir al lugar de estiba del equipo de bombero..... 2 -"-
- . Equiparse para la intervención..... 1 -"-
- . Llegar al lugar de reunión o incendio.... 2 -"-

-----  
Tiempo total.. 7 minutos  
=====

En base a los tiempos que tanto los oficiales de guardia como los subalternos van a precisar para iniciar las operaciones de control y extinción del incendio, puede decirse que dentro de los 5 primeros minutos ya se pueden ejecutar importantes acciones y en los dos minutos siguientes iniciar las maniobras de campo que sean precisas para llegar al foco del incendio. Una tripulación muy bien adiestrada puede reducir dichos tiempos en 1 ó 2 minutos, aunque cabe considerar la existencia de pequeños problemas que puedan surgir a partir de la señal de alarma que deberán compensarse con un tiempo adicional para su solución, por lo que, el tiempo de 7 minutos perfectamente asumible como normal.

La pregunta de test, será:

- . ¿El tiempo total de respuesta de la tripulación a partir de la emisión de las señales de alarma no supera los 7 minutos?.....S/N

Por otro lado, si consideramos la parte que podemos aplicar al riesgo de incendio, en virtud de las dificultades que la intervención pueda presentar, aunque será analizado mas extensamente en el apartado denominado *características de la intervención*, se puede adelantar aquí, que cada buque tendrá sus peculiaridades que le distinguirán de otros, de la misma forma que lo es por sus formas y dimensiones, por lo que dichos aspectos deberán ser compensados por una mayor especialización aplicada al buque, de sus tripulaciones.