

TRABAJO DE FIN DE GRADO

APLICACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO EN LA ACOMODACIÓN DE UN BUQUE

GRADO EN NÁUTICA Y TRANSPORTE MARÍTIMO.

Universidad UPV. Portugalete. Escuela técnica superior de náutica y máquinas navales.

AUTOR: Gorka R. Arcos Cortés.

TUTOR: Aitor Martínez.

DIRECTOR: Eloy López García.

CONVOCATORIA: Septiembre de 2015.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	Pág.2
2. ESTADO DEL ARTE	Pág.3
3. OBJETIVOS	Pág.4
4. METODOLOGÍA	Pág.5
5. DESARROLLO	Pág.6
Regulación internacional.	Pág.6
CAPÍTULO 1 Diferentes métodos de evaluación de riesgo de incendio.	Pág.8
1.1. Gustav Purt.	Pág.8
1.2. Método Meseri.	Pág.9
1.3. Max Gretener.	Pág.10
1.4. Método Eric.	Pág.11
1.5. Método Frame.	Pág.11
1.6. Método Riesgo Intrínseco.	Pág.12
CAPÍTULO 2 Análisis teórico de Max Gretener y Riesgo Intrínseco.	Pág.13
2.1. Método del riesgo Intrínseco.	Pág.13
2.1.1. Tipos de establecimiento.	Pág.13
2.1.2. Ecuación y términos.	Pág.14
2.1.3. Requisitos exigibles al establecimiento.	Pág.17
2.2. Método Gretener.	Pág.22
2.2.1. Exposición al riesgo de incendio.	Pág.23
2.2.2. Riesgo de incendio efectivo.	Pág.36
2.2.3. Riesgo de incendio aceptado.	Pág.36
2.2.4. Prueba de validez.	Pág.40
CAPÍTULO 3 Aplicación de los métodos Max Gretener y Riesgo Intrínseco.	Pág.41
3.1. Aplicación del método de Riesgo Intrínseco.	Pág.41
3.2. Aplicación del método de M. Gretener.	Pág.47
6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	Pág.51
7. BIBLIOGRAFÍA	Pág.54
ANEXOS	Pág.55

1. INTRODUCCIÓN

Como todos sabemos un incendio puede ocasionar tanto pérdidas materiales como humanas. A lo largo de la historia se han ido mejorando los sistemas tanto de prevención, detección y alarma como sistemas de extinción y lucha, que han ido ayudando a solventar de manera más efectiva los problemas ocasionados por un posible incendio. La manera más efectiva de controlar un incendio o de evitarlo es investigar la posibilidad de que se produzca y se extienda, es decir, analizar las características como elementos del lugar, mobiliario, actividad llevada a cabo... que pueden ayudar a determinar la posibilidad de que se produzca un incendio. A continuación se presentan una serie de Métodos para evaluar el riesgo de incendio de un establecimiento industrial.

En primer lugar se hace una referencia global a algunos de los métodos, explicando sus características principales y su base del cálculo. Se puede establecer una serie de diferencias entre todos los métodos, para así poder determinar cuál interesa más a la hora de aplicarlo.

En segundo lugar se realiza un análisis profundo de dos de los métodos, el de Max Gretnener y el método del riesgo intrínseco para así poder aplicarlo con facilidad.

Por último se aplica cada uno de los métodos, a una parte de un buque real. Se realiza un cálculo aproximado del riesgo de incendio que hay en una zona determinada, la acomodación de buque "Sestao Knutsen".

2. ESTADO DEL ARTE

Algunos conceptos importantes que deben quedar claros quedan definidos a continuación:

- Poder calorífico: Cantidad de energía que la materia puede desprender al producirse una reacción química de combustión. El poder calorífico expresa la energía que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible.

- Inmueble (de una estructura como un establecimiento industrial): Se trata de inmueble todos aquellos materiales y elementos que forman parte de la estructura de un establecimiento industrial tales como: paredes, techos, suelos, vigas de soporte...

- Mobiliario: Se define como mobiliario de un establecimiento todos los elementos utilizados para facilitar los usos y actividades habituales en casas, oficinas y otro tipo de locales tales como: mesas, camas, armarios, sillas...

- SSCI (FSS): Código Internacional de Seguridad de Sistemas de lucha Contra Incendios. En inglés "Fire Safety System". Se basa en la implantación de equipos de lucha contra incendios para todos los Gobiernos contratantes de dicho Convenio.

- Catálogo CEA: Catálogo de materiales y mercancías. El sistema de clasificación del CEA (Comité Europeo de Seguros) tiene por objeto describir las propiedades peligrosas inherentes a las materias y mercancías y, consecuentemente, elaborar un catálogo de los riesgos resultantes y relativos.

3. OBJETIVOS

La meta del proyecto realizado es cuantificar de forma numérica el riesgo de incendio que puede haber en una zona determinada de un buque, para así saber con certeza que instalaciones y sistemas se deben instalar para ser una zona segura y protegida.

El objetivo general podría decirse que es realizar una comparación entre los diferentes métodos de evaluación de riesgo de incendio, para saber cuál se puede aplicar mejor a una zona determinada de un buque.

Otros objetivos son:

- Averiguar si es posible aplicar dichos métodos de evaluación a un buque.
- Relacionar las prácticas externas con el proyecto.
- Aplicar estos métodos en la acomodación del buque para investigar el riesgo de incendio de esa zona.
- Mostrar la forma de aplicar los métodos de Max Gretener y del Riesgo Intrínseco
- Saber aplicar los dos métodos de evaluación de riesgo de incendio en diferentes establecimientos.

4. METODOLOGÍA

La estrategia llevada a cabo para realizar el proyecto que se expone a continuación se ha realizado de la siguiente manera:

En primer lugar se realiza una introducción a los diferentes métodos que hay para evaluar el riesgo de incendio. Se lleva a cabo una investigación de aspectos generales y de las características más importantes. Algunos de los datos recopilados son: ámbito de aplicación de los diferentes métodos, ecuaciones para cuantificar el riesgo, ventajas y desventajas.

Tras tener una idea general de las características de cada método de evaluación, se realiza una elección de los más útiles, prácticos y ágiles para poder aplicarlos en un buque. Se lleva a cabo una investigación profunda de dos métodos de evaluación de riesgo de incendio: Max Gretener y el del Riesgo Intrínseco. Algunos de los datos recopilados en este capítulo son: diferentes ecuaciones de cada método, valores de los factores de las ecuaciones, características más específicas, pasos a seguir para aplicar cada método...

Por último el proyecto consta de una parte en la que se aplican estos dos métodos, en una sección de un buque real. Se aplican los dos métodos, tanto el de Max Gretener como el del Riesgo Intrínseco, para averiguar el riesgo de incendio que se da en la acomodación del buque "Sestao Knutsen".

5. DESARROLLO:

REGULACIÓN INTERNACIONAL:

En cuanto a la prevención y la lucha contra incendios se puede destacar el convenio SOLAS que tiene gran influencia y aporta una guía en cuanto a reglamentación y dispositivos que deberán tener todos los barcos en materia de lucha contra incendios. También se destaca el código SSCI (FSS: Fire Safety System) que citaré a continuación.

SOLAS: Es el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en la Mar. Es el más importante en materia de seguridad y su primera versión fue aprobada en 1914 tras ocurrir el tremendo accidente del “Titanic”. A día de hoy el SOLAS ha sido objeto de varias enmiendas. Estas enmiendas se llevan a cabo bien mediante resoluciones que las aprueba el Comité de Seguridad Marítima o bien en conferencias de gobiernos contratantes.

El convenio SOLAS se centra en temas de seguridad tales como: Prevención y lucha contra incendios, salvamento, radiocomunicaciones, transporte de cargas y mercancías peligrosas, buques nucleares...etc. Respecto al tema de lucha contra incendios el SOLAS establece ciertos mínimos que tienen que tener los buques en cuanto a equipos e instalaciones de lucha contra incendios. Toda esta información se encuentra en el capítulo II.2 del SOLAS: Construcción-prevención, detección y extinción de incendios.

Código SSCI (FSS): El 1 de julio de 2002 entró en vigor y fue aprobado por el Comité de Seguridad Marítima. Se reconoció la necesidad de que la implantación de equipos de lucha contra incendios siga siendo obligatoria para todos los Gobiernos contratantes de dicho convenio. Los temas que trata dicho código son aquellos citados en el capítulo II.2 del SOLAS:

- Equipos de bomberos y aparatos respiratorios de evacuación de emergencia.
- Extintores de incendios portátiles y conexiones internacionales a tierra.
- Sistemas automáticos de rociadores, de detección de incendios y de alarma contra incendios.
- Sistemas fijos de extinción de incendios y dispositivos de bombas contra incendios de emergencia.
- Sistemas fijos de extinción de incendios a base de espuma y sistemas de gas inerte.

- Disposición de los medios de evacuación.
- Sistemas de detección de humo por extracción de muestras.

Ambos, el Convenio SOLAS y código SSCI sirven de guía para saber qué equipos e instalaciones deben llevar cada tipo de barco, es decir, te aclara ciertos aspectos como la cantidad mínima que debe haber de mangueras o las medidas que deberán tener estas mismas dependiendo de la zona y de las características del buque. Es también de gran importancia la carga que se transporte, es decir, no se exige lo mismo a un buque que transporte gas o en un buque de pasaje.

Tanto el SOLAS como el código SSCI tienen varios objetivos en común:

- Evitar incendios y explosiones.
- Reducir el riesgo de vidas humanas en caso de un incendio.
- Minimizar el riesgo de que un incendio ocasione daños al buque, a la carga o al medio ambiente.
- Contener, controlar y eliminar un incendio.
- Facilitar a toda la tripulación del barco unos medios de evacuación adecuados y fácilmente accesibles.

CAPÍTULO 1

DIFERENTES MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO:

Las medidas de protección contra incendios, tienen por objetivo reducir el peligro de incendio y son medidas preventivas con la siguiente finalidad:

- Que sea pequeña la posibilidad de que se declare un incendio.
- En caso de incendio, no se puede extender rápido y libremente.

Al producirse un incendio, el tiempo para llegar a eliminarlo podemos dividirlo en dos fases: el tiempo para descubrir que hay fuego y transmitir la alarma, y segundo, el tiempo para que entren en acción las distintas medidas de extinción.

Mediante los métodos que se citan a continuación, se intenta disminuir al mínimo ese tiempo, y reducir el peligro contra bienes, personas o medio ambiente.

1.1. MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO: GUSTAV PURT

La finalidad de este método es obtener unas magnitudes numéricas que nos permitan decidir razonablemente qué medidas tomar.

El fundamento del cálculo es el siguiente:

Consiste en diferenciar dos tipos de riesgo, que provienen de la acción destructora de un posible incendio: En primer lugar tendremos en cuenta el riesgo del lugar donde puede haber un incendio, y en segundo lugar tendremos el contenido, es decir, los objetos o personas que puede haber en el interior de un lugar. Tomaremos dos valores numéricos, uno con cada tipo de riesgo, es muy importante hacer esta diferenciación de riesgos puesto que si el riesgo del lugar donde puede ocurrir un incendio predomina sobre el contenido, tomaremos unas medidas que no serán iguales a las que tomaremos si el riesgo del contenido es mayor. Ambos valores se representan en una gráfica, un valor en el eje de abscisas y otro en el de ordenadas. Esta gráfica tiene representada varias zonas con diferentes medidas de protección a tomar.

A continuación se representa la gráfica y las instalaciones obligatorias de las diferentes zonas.

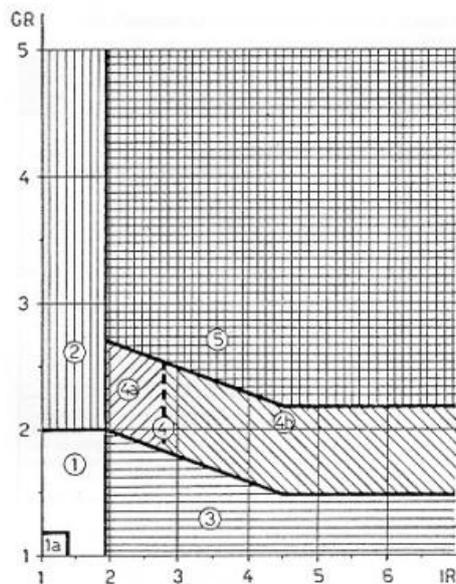


Figura 1. Gráfico de las diferentes zonas de riesgo del método Gustav Purt.

	Instalación de extinción automática (sprinklers)	Instalación de pre detección
Zona 1	Recomendable	No es necesaria
Zona 1 a	No es necesaria	No es necesaria
Zona 2	Necesaria	Recomendable
Zona 3	Recomendable	Necesaria
Zona 4	Recomendable	Recomendable
Zona 4 a	Necesaria	No necesaria
Zona 4 b	No necesaria	Necesaria
Zona 5	Necesaria	Necesaria

Tabla 1. Método Gustav Purt. Instalaciones de extinción y pre detección.

1.2. MÉTODO MESERI:

Se trata de un método sencillo rápido y ágil que nos ofrece un valor del riesgo global de la zona que queremos analizar.

Este método sirve de orientación inicial, que nos muestra de forma rápida el valor del riesgo global de incendio.

Una de sus ventajas es que emplea una gran variedad de factores que pueden agravar el riesgo de incendio o factores que colaboran con la protección frente al riesgo de incendio.

Mediante una tabla que dispone el método, se puede clasificar el riesgo de incendio.

Clasificación del riesgo:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muy malo	Muy malo	Muy malo	Malo	Malo	Malo	Bueno	Bueno	Bueno	Muy bueno	Muy bueno

Tabla 2. Meseri. Clasificación de los tipos de riesgo.

La ecuación que emplea es la siguiente (siendo x: factores que agravan el riesgo e y: factores que lo reducen):

$$\frac{5x}{129} + \frac{5y}{34} = P$$

1.3. MÉTODO GRETENER:

Este método es uno de los más empleados y conocido puesto que ofrece un cálculo del riesgo de incendio global muy completo. Nos ofrece un valor que nos indica si el valor de riesgo de un lugar determinado es aceptable o no y en el caso de no ser aceptable, se realizan de nuevo los cálculos considerando unas nuevas medidas de protección.

El fundamento del cálculo de Gretener consiste en la comparación de dos valores diferentes:

- El riesgo potencial del incendio efectivo.
- El riesgo potencial admisible.

La ventaja de este método es que emplea una gran cantidad de factores y medidas de protección, y como inconveniente se podría decir que está orientado a evaluar el riesgo según los intereses de las compañías aseguradoras, con lo que no trata de una forma muy específica el riesgo para las personas.

1.4. MÉTODO ERIC:

Este método, a diferencia que el citado anteriormente, trata de una forma más específica el riesgo de las personas y de los bienes.

Llega a tratar temas tales como: tiempos de evacuación o toxicidad de humos que otros métodos no tratan.

Emplea tres tipos de gráficas dependiendo del tipo de industria, edificio u oficinas que se trate. En esta gráfica se relacionan los dos valores, al igual que se hacen el método de Gustav Purt.

Emplea dos ecuaciones, una para el cálculo del riesgo a las personas y otra para el cálculo del riesgo a los bienes. Se centra en los siguientes aspectos: detección, alarma y alerta y métodos de protección contra la transmisión del incendio.

$$\text{Riesgo a las personas: } R_1 = \frac{P_1}{M_1 F_1} \quad \text{Para el riesgo de los bienes: } R_2 = \frac{P_2}{M_2 F_2}$$

1.5. MÉTODO FRAME:

Está basado fundamentalmente en el método Eric y en el de Gretener. Emplea unos guiones para calcular el riesgo total de incendio. Estos tres guiones son: el riesgo del patrimonio, el riesgo de las personas y el riesgo de las actividades.

$$R = \frac{P}{A \cdot W \cdot N \cdot S \cdot F} \quad (\text{Riesgo de Patrimonio}).$$

$$R_1 = \frac{P}{A_1 \cdot N \cdot U} \quad (\text{Riesgo de personas}).$$

$$R_2 = \frac{P}{A_2 \cdot W \cdot N \cdot S \cdot Y} \quad (\text{Riesgo de Actividades}).$$

Una de las ventajas del método Frame es que ofrece la posibilidad de realizar un cálculo inicial, para medir qué métodos harían falta a priori, este valor ofrece una primera orientación general. Otra ventaja es la cantidad de factores que utiliza para el cálculo del riesgo de cada uno de los tres tipos.

Se puede afirmar que el inconveniente de este método es la complejidad de algunas de sus ecuaciones. Se puede calcular el riesgo de una manera más ágil empleando otros métodos.

1.6. MÉTODO DEL RIESGO INTRÍNSECO:

Este método apareció en 1981 y hoy en día está presente en la propuesta del reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

Es el único método de todos que se basa en el cálculo de la carga térmica corregida por la actividad que se lleve a cabo en el determinado sector, edificio o establecimiento.

El dato de la carga térmica aparece en gran cantidad de métodos de evaluación de incendios, aunque éste es el único en calcularlo.

Se emplea en el territorio nacional y se caracteriza por ser un método complejo y por su fácil aplicación, ya que partimos de una ecuación no muy compleja.

$$Q_s = \frac{\sum G_i q_i C_i}{A} R_a$$

Es un método que se emplea única y exclusivamente para actividades de tipo industrial.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS TEÓRICO DE LOS SIGUIENTES MÉTODOS:

M.GRETENER – RIESGO INTRÍNSECO:

2.1. MÉTODO DE RIESGO INTRÍNSECO:

A continuación se citan los pasos a seguir para utilizar el método de riesgo intrínseco y poder aplicarlo en un caso real para calcular y evaluar el posible riesgo de incendio. También se explican y definen los diferentes términos de cada ecuación.

2.1.1 Tipos de Establecimiento

1º: En primer lugar se clasifica el establecimiento industrial en uno de los 5 tipos que se muestran a continuación, dependiendo de si están ubicados en un edificio o en algún espacio abierto.

- A: Ocupa parcialmente un edificio, con más establecimiento en él. Por ejemplo ocupa la tercera planta de un edificio que tiene diez pisos.

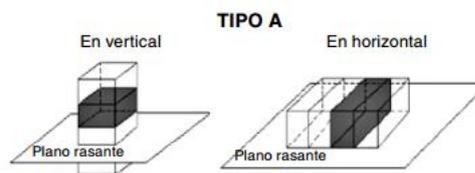


Figura 2. Tipo de establecimiento A según el método del Riesgo Intrínseco.

- B: Ocupa un edificio que esta adosado a otros, que se encuentran a una distancia de tres metro o menos.

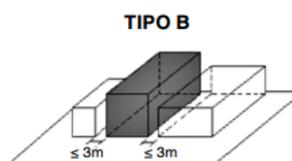


Figura 3. Tipo de establecimiento B según el método del Riesgo Intrínseco.

- C: Ocupa un edificio que está a más de tres metros de distancia del siguiente.

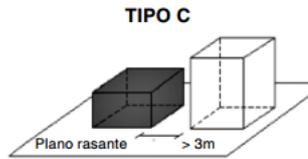


Figura 4. Tipo de establecimiento C según el método del Riesgo Intrínseco.

- D: Ocupa un edificio abierto que tiene ocupado más del 50% de la superficie total.

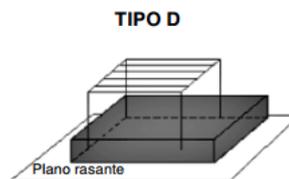


Figura 5. Tipo de establecimiento D según el método del Riesgo Intrínseco.

- E: Ocupa un espacio abierto que tiene ocupado hasta el 50% del espacio total de la superficie.

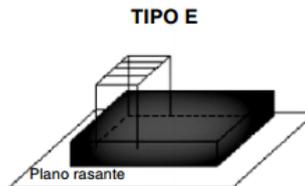


Figura 6. Tipo de establecimiento E según el método del Riesgo Intrínseco.

2.1.2 Ecuación y términos:

2º: Una vez se sepa el tipo de establecimiento industrial que se desea analizar, se calcula el nivel de riesgo intrínseco, calculando la densidad de carga del fuego. La ecuación sería la siguiente:

$$Q_s = \frac{\sum G_i q_i C_i}{A} R_a$$

Los diferentes términos de la ecuación vienen definidos de la siguiente manera:

Q_s : Este término es la densidad de carga de fuego de la zona a analizar. q_i :
 Poder calorífico de cada combustible. Medido en (MJ/m² o Mcal/m²). G_i :
 la masa de cada combustible, en kilogramos, que se encuentran en el sector de incendio.
 C_i : Coeficiente que expresa el grado de peligrosidad de cada combustible que hay en la
 zona a analizar. A :
 Superficie expresada en m². R_a :
 Este coeficiente expresa el grado de peligrosidad de activación de un incendio
 dependiendo de la actividad industrial llevada a cabo en el sector a analizar.

Los términos que expresan el grado de peligrosidad, ya sea el grado de peligrosidad de cada combustible C_i o el grado de peligrosidad de la activación R_a , vienen definidos en las siguientes tablas:

Valores del grado de peligrosidad de cada combustible C_i :

	Baja	Media	Alta
Descripción de cada combustible	Tendrán un grado de peligrosidad bajo los sólidos que para comenzar la ignición tengan que estar a más de 200°C. También se incluyen líquidos cuyo punto de inflamación sea mayor a 61°C.	Líquidos cuyo punto de inflamación este entre 61°C y 23°C. Sólidos que comienzan la ignición entre los 100°C y los 200°C. También se incluyen sólidos que emiten gases inflamables.	Líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 23°C. Sólidos capaces de inflamarse por debajo de los 100°C. También se incluyen: materiales criogénicos y materiales de combustión espontánea con la exposición al aire.
Valor de C_i	1	1.2	1.6

Tabla 3. Método del Riesgo Intrínseco. Valores del factor de peligrosidad de cada combustible

Valores para el riesgo de activación R_a :

Riesgo	Bajo	Medio	Alto
Coficiente R_a	1	1.5	3

Tabla 4. Método del Riesgo Intrínseco. Valores para el riesgo de activación según la actividad.

Según la actividad llevada cabo, podremos decir que el riesgo de activación es alto, medio o bajo. Las diferentes actividades quedan agrupadas de la siguiente manera:

Riesgo bajo:

Fabricación de: orfebrería, sacos, artículos de vidrio, productos alimenticios, papel, artículos de metal, mantequilla, frigoríficos, conservas, artículos de cera, bebidas carbónicas, betunes, bebidas sin alcohol.

Taller mecánico, tintorería, taller pasamanería, reparación de aparatos eléctricos y electrónicos, laboratorios de medicamentos, mecanización de metales, tratamientos de corcho, taller electricista, herrerías, laboratorios fotográficos y almacenes en general.

Riesgo medio:

Fabricación de: Aceites comestibles, barnices, cajas y elementos de cartón, caucho, chocolate, cuerdas, embarcaciones, fertilizantes químicos, contrachapados de madera, aparatos electrónicos y eléctricos, medias, muebles de madera, marcos, motores eléctricos, pastas alimenticias, resinas sintéticas, zapatos, placas de resina sintética.

Tapicerías, vulcanización, ebanistería, destilería y disolventes, imprentas, laboratorios químicos, molinos harineros, licores, preparación de bebidas alcohólicas.

Riesgo alto:

Industria química, talleres de pintura, fabricación de pinturas y barnices, y fabricación de pirotecnia.

3º: Una vez calculada la densidad de carga de fuego pasaremos a clasificar el riesgo en los diferentes niveles e investigaremos los “requisitos exigibles al establecimiento” tanto en aspectos de seguridad pasiva como en instalaciones de lucha contra incendios.

	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
	1	2	3	4	5	6	7	8
Qs (Mcal/m ²)	Qs < 100	100 < Qs < 200	200 < Qs < 300	300 < Qs < 400	400 < Qs < 800	800 < Qs < 1600	1600 < Qs < 3200	Qs > 3200

Tabla 5. Método del Riesgo Intrínseco. Niveles de riesgo.

2.1.3 Requisitos exigibles al establecimiento:

Tipo A-B-C, es decir establecimientos industriales ubicados en un edificio:

- Sistema automático de detección:

Tipo A: Para producción, montaje, reparación... El sistema de detección será obligatorio si la superficie total es mayor o igual a 300 m². Para almacenamiento será obligatorio si la superficie es mayor que 150 m².

Tipo B: Para producción, montaje, reparación... Si el Riesgo nos da Medio, será exigible si la superficie es mayor o igual a 2000 m² y si el riesgo es alto será obligatorio si la superficie es mayor o igual a 1000 m². Para el almacenamiento, si el riesgo es medio será obligatorio si la superficie es mayor o igual a 1000 m² y si el riesgo es alto lo será si la superficie es mayor o igual a 500 m².

Tipo C: Para producción, montaje, reparación... Si el riesgo nos da medio el sistema de detección será obligatorio si la superficie el mayor o igual 3000 m² y si el riesgo es alto lo será si la superficie es mayor o igual a 2000 m². Para almacenamiento si el riesgo es medio será exigible si la superficie es mayor o igual a 1500 m² y si el riesgo es alto será obligatorio si la superficie es mayor o igual a 800 m².

- Sistema manual de alarma de incendio:

Para la producción, montaje, reparación... Será obligatorio en los tres tipos A, B y C, si la superficie total es mayor o igual a 1000 m² y no hay sistema de detección automática de incendio. Para actividades relacionadas con el almacenamiento, será obligatoria la instalación de este sistema, para los tres tipos A, B y C, si la superficie es mayor o igual a 800 m².

- Sistema de comunicación de alarma:

Se instalará en todos los sectores de un establecimiento si la suma de la superficie de dichos sectores ocupa un espacio mayor o igual a 10.000 m². Este sistema de comunicación diferenciará entre una alarma de emergencia parcial y otro alarma de emergencia general.

- Sistema de abastecimiento de agua:

El sistema de abastecimiento de agua será obligatorio instalarlo cuando las disposiciones que regulan las actividades industriales del reglamento lo exijan. Generalmente se instala cuando es necesario para dar servicio (caudal y presión) a uno o varios sistemas de lucha contra incendios.

- Sistema de hidrantes exteriores:

Tipo A: Será obligatorio instalarlos si las disposiciones que regulan las actividades industriales lo exigen, de acuerdo con el Reglamento. Generalmente si el riesgo es medio, se instalará si la superficie total es mayor o igual a 300 m², si el riesgo del establecimiento es bajo será exigible si la superficie total es mayor o igual a 1000 m².

Tipo B: Será obligatorio instalarlos si las disposiciones que regulan las actividades industriales lo exigen, de acuerdo con el Reglamento. Generalmente si el riesgo es alto será obligatorio instalarlo si la superficie total es mayor o igual a 1000 m², si el riesgo el medio será exigible si la superficie es mayor o igual a 2500 m², y si el riesgo es bajo será exigible si la superficie total es mayor o igual a 5000 m².

Tipo C: Si el riesgo es alto será obligatorio instalarlo si la superficie total es mayor o igual a 2000 m². Y si el riesgo es medio será exigible si la superficie total es mayor o igual a 3500 m².

- Boca de Incendio Equipada: B.I.E.

Tipo A: Será obligatorio este tipo de instalaciones si la superficie total es mayor o igual a 300 m².

Tipo B: Será exigible en riesgos medios si la superficie total es mayor o igual a 500 m² y en riesgos altos será obligatorio si la superficie es mayor o igual a 200 m².

Tipo C: Si el riesgo el medio será obligatorio instalarlo si la superficie es mayor o igual a 1000 m² y si el riesgo es alto lo será si la superficie total es mayor o igual a 500 m².

- Rociadores Automáticos:

Tipo A: Para producción, montaje, preparación... Si el riesgo es medio será obligatorio instalarlo en superficies mayores o iguales a 500 m². Para actividades de almacenamiento, si el riesgo es medio será obligatorio instalarlo si la superficie es mayor o igual a 500 m².

Tipo B: Para producción, montaje, preparación... Si el riesgo es medio será exigible si la superficie total es mayor o igual a 2500 m², si el riesgo es alto será obligatorio si la superficie es mayor o igual a 1000 m². Para actividades de almacenamiento, si el riesgo es medio será obligatorio si la superficie es mayor o igual a 1500 m², y si el riesgo es alto será exigible si la superficie es mayor o igual a 800 m².

Tipo C: Para producción, montaje, preparación... Si el riesgo es medio será obligatorio si la superficie total es mayor o igual a 3500 m², si el riesgo es alto será exigible si la superficie total es mayor o igual a 2000 m². Para actividades de almacenamiento si el riesgo es medio, será obligatorio si la superficie total es mayor o igual a 2000 m², y si el riesgo es alto será exigible si la superficie es mayor o igual a 1000 m².

- Sistema de extinción de agua pulverizada:

Será obligatorio instalarlo cuando las disposiciones que regulan las actividades industriales lo exijan. Habitualmente, se instalan en lugares donde por la configuración, contenido, procesos que se lleven a cabo o ubicación donde se encuentre, sea necesario refrigerar partes del mismo para asegurar la estabilidad de su estructura, o asegurar que no se extienda el posible incendio.

- Sistema de Espuma:

Normalmente se instalan en instalaciones donde se manipulen líquidos inflamables, que en caso de incendio se puedan propagar a otras zonas. Será obligatorio si lo exigen las disposiciones que regulan las actividades industriales de acuerdo con el reglamento.

- Sistema de extinción por polvo:

Se instalarán si las disposiciones que regulan las actividades industriales lo exigen, de acuerdo con el reglamento.

- Sistemas de extinción por agentes gaseosos (CO₂):

Será obligatorio instalarlo donde se encuentren centros de cálculos, bancos de datos, equipos electrónicos, equipos de control... Con superficie mayor o igual a 100 m².

- Instalación de alumbrado de emergencia:

Se instalará en cualquier caso donde la ocupación sea mayor o igual a 25 personas. También se instalarán donde haya cuadros o centros de control y en locales o espacios donde se encuentren los equipos centrales y cuadros de control de las instalaciones contra incendios.

- Señalización:

Será obligatorio señalar salidas de emergencia y los medios de protección contra incendios de uso manual difícilmente accesibles.

- Extintores:

Para fuegos de tipo A, el número de extintores y su capacidad dependerán del nivel de riesgo intrínseco y para fuegos de tipo B irán instalados en función del combustible líquido que haya en el sector. No podremos recorrer horizontalmente una distancia superior a 15 metros desde cualquier punto del sector hasta un extintor.

Requisitos exigibles a los tipos de establecimientos industriales D y E:

- Sistema manual de alarma de incendio:

Tipo D: Para producción, montaje, reparación será obligatorio instalar un sistema manual de alarma de incendio en establecimientos cuya superficie sea mayor o igual a 1000 m². Para almacenamiento será exigible si la superficie total es mayor o igual a 800 m².

Tipo E: Para producción, montaje, reparación será obligatorio instalarlo si la superficie total es mayor o igual a 1000 m², y para almacenamiento será exigible si la superficie supera o iguala los 800 m².

- Sistema de abastecimiento de agua:

Si las disposiciones que regulan las actividades industriales de acuerdo con el Reglamento, lo exigen será obligatorio instalarlo. Generalmente cuando haya que abastecer algún tipo de sistema de lucha contra incendio.

- Sistema de comunicación de alarma de incendio:

Si todos los sectores del establecimiento forman una superficie mayor o igual a 10000 m², será obligatorio instalarlo. Se tendrá que diferenciar entre señal de emergencia parcial y señal de emergencia general.

- Hidrantes:

SI el riesgo intrínseco es medio o alto y la superficie total del establecimiento supera o iguala los 5000 m², será exigible instalar hidrantes. Si el riesgo el bajo será exigible si la superficie total es mayor o igual a 15000 m².

- Sistema de agua pulverizada:

Será obligatoria esta instalación si las disposiciones que regulan las actividades industriales, de acuerdo con el reglamento, lo exigen. Habitualmente, se instalan en lugares donde por la configuración, contenido, procesos que se lleven a cabo o ubicación donde se encuentre, sea necesario refrigerar partes del mismo para asegurar la estabilidad de su estructura, o asegurar que no se extienda el posible incendio.

- Sistema de Espuma:

Normalmente se instalan en instalaciones donde se manipulen líquidos inflamables, que en caso de incendio se puedan propagar a otras zonas. Será obligatorio si lo exigen las disposiciones que regulan las actividades industriales de acuerdo con el reglamento.

- Sistema de extinción por polvo:

Se instalarán si las disposiciones que regulan las actividades industriales lo exigen, de acuerdo con el reglamento.

- Sistemas de extinción por agentes gaseosos (CO₂):

Será obligatorio instalarlo donde se encuentren centros de cálculos, bancos de datos, equipos electrónicos, equipos de control... Con superficie mayor o igual a 100 m².

- Instalación de alumbrado de emergencia:

Se instalará en cualquier caso donde la ocupación sea mayor o igual a 25 personas. También se instalarán donde haya cuadros o centros de control y en locales o espacios donde se encuentren los equipos centrales y cuadros de control de las instalaciones contra incendios.

- Señalización:

Será obligatorio señalar salidas de emergencia y los medios de protección contra incendios de uso manual difícilmente accesibles.

- Extintores:

Se instalarán en todos los sectores de posible incendio, para fuegos de tipo A el número y la capacidad dependerá del nivel de riesgo intrínseco y para fuegos de tipo B dependerá de los combustibles líquidos que se encuentren en el sector. El recorrido horizontal desde cualquier punto del sector hasta el primer extintor no podrá superar los 15 metros.

Este es un pequeño resumen de los requisitos exigibles a los diferentes tipos de establecimientos industriales, en lo que se refiere al tema de instalaciones de protección contra incendio. Este método de evaluación de riesgo de incendios también cuenta con otro apartado no sólo referido al tema de instalaciones de lucha C.I. sino un apartado enfocado a los requisitos constructivos de los establecimientos.

En este apartado entrarían temas tales como: exigencias de comportamiento al fuego de productos de construcción, resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento, ventilación y eliminación de humos, evacuación de los diferentes edificios industriales...etc.

2.2. MÉTODO DE GREENER:

El método de M. Greener podría decirse que es uno de los más completos de todos, puesto que abarca una gran cantidad de aspectos para averiguar el posible riesgo de incendio. Las tres fórmulas que sustentan este cálculo son las expuestas a continuación:

$$\text{Exposición al riesgo de incendio: } B = \frac{P}{M}$$

$$\text{Riesgo de incendio efectivo: } R = B \times A$$

$$\text{Riesgo de incendio aceptado: } R_u = R_n \cdot P_{H,E}$$

2.2.1 Análisis de la primera fórmula, exposición al riesgo de incendio

Esta fórmula se basa en la fracción de los factores de peligro que afectan o ayudan a producirse el incendio entre los factores de protección con los que cuenta el sector a analizar. $B = \frac{P}{M}$ La letra P expresa los factores de peligro y la letra M expresa los de protección.

Tanto P como M se componen de más factores que se explican a continuación:

$$B = \frac{q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g}{N \cdot S \cdot F}$$

Se pueden diferenciar dos grupos del factor P, (q, c, r, k) son factores inherentes al contenido de la edificación y (i, e, g) factores inherentes al edificio en sí mismo que son aquellos que evalúan la parte combustible de los elementos de construcción (techos, suelos estructura...).

Definición de cada factor y valores asignados:

q: carga térmica mobiliaria.

i: Carga térmica inmobiliaria.

c: Combustibilidad.

e: nivel de planta o altura del local.

r: Formación de humos.

g: Longitud/altura de compartimento.

k: peligro de corrosión, toxicidad...

A continuación se realiza una breve descripción de cada factor y se da diversos valores con los que después se podrá trabajar en las ecuaciones.

- Factor q: Carga térmica mobiliaria, también expresada como Q_m

Es la cantidad total de calor que desprenden todas las materias mobiliarias en su combustión, entre la superficie del sector. Se mide en MJ/m². La tabla siguiente muestra el valor de q para los diferentes valores de carga térmica mobiliaria:

Qm (MJ/ m ²)	Valor de q	Qm (MJ/ m ²)	Valor de q
0 – 50	0.6	1201 – 1700	1.6
51 – 75	0.7	1701 – 2500	1.7
76 – 100	0.8	2501 – 3500	1.8
101 – 150	0.9	3501 – 5000	1.9
151 – 200	1.0	5001 – 7000	2.0
201 – 300	1.1	7001 – 10000	2.1
301 – 400	1.2	10001 – 14000	2.2
401 – 600	1.3	14001 – 20000	2.3
601 – 800	1.4	20001 – 28000	2.4
801 – 1200	1.5	Más de 28000	2.5

Tabla 6. Método Gretener. Valores del factor q dependiendo de la carga térmica.

- Factor c: Combustibilidad de los productos. También expresa como Fe.

Este factor da valor a la inflamabilidad y la velocidad de propagación de combustión de los diferentes combustibles que se encuentran en el sector a analizar. En el catálogo “CEA” se disponen unas tablas en las que vienen catalogadas las materias sólidas, líquidas y gaseosas, en 6 tipos de peligro. Dependiendo de en qué grado de peligro, según este catálogo, se encuentren los diferentes combustibles, habrá diferentes valores para c, expresados a continuación:

Clasificación según “CEA”	Valor de c:
1	1.6
2	1.4
3	1.2
4	1.0
5	1.0
6	1.0

Tabla 7. Método Gretener. Valor del factor c según la clasificación del catálogo CEA.

- Factor r, Formación de humos. También expresada como Fu:

Este factor se refiere a la materia que produce al arder cantidades grandes de gases corrosivos o tóxicos, como puede ser algún tipo de líquido o producto químico.

Para llevar a cabo el cálculo, se tendrá en cuenta el factor r de la materia que produzca la mayor cantidad de humo, siempre y cuando su carga térmica Q_m , represente por lo menos el 10% del total de la carga térmica. Si por el contrario, tenemos varias materias con diferentes valores de r, y que todas representan pequeños porcentajes de la carga térmica total, tomaremos como valor $r=1.1$. En la siguiente tabla se muestran los valores que toma el factor r, dependiendo del grado de peligro de formación de humos que tenga la materia.

Grado de peligrosidad	Peligro de formación de humos	Valor del factor r
3	Normal	1.0
2	Medio	1.1
1	Grande	1.2

Tabla 8. Método Gretener. Valor del factor r de peligrosidad por formación de humos

- Factor k, peligro de corrosión y toxicidad. También expresado como Co/Tx .

Este factor hace referencia a las materias que producen al arder cantidades grandes de gases corrosivos o tóxicos. Al igual que con el factor de humos, con el factor de gases se hace igual, a la hora del cálculo emplearemos el valor de la materia con mayor factor r, siempre y cuando su carga térmica sea por lo menos el 10% de la total. Si tenemos varias materias que ocupan pequeños porcentajes tomaremos como valor $k=1.1$. A continuación se representan los diferentes valores que puede tomar k:

Grado de peligrosidad	Peligro de formación de gases tóxicos o corrosivos	Valor del factor k
3	Normal	1.0
2	Medio	1.1
1	Grande	1.2

Tabla 9. Método Gretener. Valor del factor k según su grado de peligrosidad por formación de gases tóxicos.

- Factor i, Carga térmica inmobiliaria. También expresada como Q_i :

Este factor permite tener en cuenta la parte combustible contenida en los diferentes elementos de construcción como pueden ser: techos, paredes, estructura...

Este factor tiene asignados varios valores que se representan a continuación en la tabla:

		Elementos de fachadas y tejados		
		Hormigón, ladrillo o metal Incombustible	Fachada multicapa con exteriores incombustibles. Combustible protegido	Madera. Materias sintéticas Combustible
Estructura portante	Hormigón, acero, ladrillo. Materiales incombustibles	1.0	1.05	1.1
	Construcción en madera revestida, contrachapado o forjado.	1.1	1.15	1.2
	Construcción en madera ligera combustible.	1.2	1.25	1.3

Tabla 10. Método Gretener. Factor i carga térmica mobiliaria.

- Factor e, nivel de la planta o del local. También expresada como E o H.

Este valor representa la situación que se encuentra el sector a analizar, como la altura que se encuentre del suelo, o la planta en que se sitúe. Representa en función de la situación del sector a analizar, las dificultades que tienen las personas para evacuarlo. Contamos con varias tablas para dar valor a este factor.

Otros factores que intervienen son la carga térmica y el tipo de edificio que se quiere analizar, como ya se ha explicado contamos con tres tipos. Las tablas son las siguientes:

Planta y altura al suelo	Valor del factor e
Planta 11 o superiores. Altura de 34m	2.0
Plantas 8, 9 y 10. Altura hasta 25m	1.9
Planta 7 y altura hasta 22m	1.85
Planta 6 y altura hasta 19m	1.8
Planta 5 y altura hasta 16m	1.75
Planta 4 y altura hasta 13m	1.65
Planta 3 y altura hasta 10m	1.5
Planta 2 y altura hasta 7m	1.3
Planta 1 y altura hasta 4m	1.0

Tabla 11. Método Gretener. Valor del factor e según la planta y la altura al suelo.

Sótano	Valor del factor e
Primer Sótano a 3m por debajo.	1.0
Segundo Sótano a 6m por debajo.	1.9
Tercer sótano a 9m por debajo.	2.6
Cuarto sótano o más. Más de 12m.	3.0

Tabla 12. . Método Gretener. Valor del factor e según la planta de sótano.

Altura del local	Valor de e para sectores con Q_m de hasta 200 MJ/m ²	Valor de e para sectores con Q_m hasta 1000 MJ/m ²	Valor de e para sectores con Q_m mayores de 1000 MJ/m ²
Más de 10 metros	1.0	1.25	1.5
De 7 a 10 metros	1.0	1.15	1.3
Menos de 7 metros	1.0	1.0	1.0

Tabla 13. . Método Gretener. Valor del factor e para edificios de una sola planta.

Según el tipo de edificio se emplean unas tablas u otras. En industrias que tengan diversas plantas, se darán diferentes valores de e para cada tipo de edificio.

Para inmuebles que sean del tipo Z y G, el valor e se averigua mediante la primera tabla expuesta anteriormente. Para inmuebles de tipo V de varias plantas se tendrá en cuenta el valor e más elevado de los pisos que se comuniquen entre ellos.

Para inmuebles de un solo nivel, lo que se tiene en cuenta es la altura del local. Para averiguar el valor e se cuenta con la tercera tabla expuesta en este apartado. Se tienen también en cuenta plantas bajas y sótanos puesto que influye a la hora de evacuar un edificio. Los diferentes valores de e para sótanos se encuentran en la segunda tabla del apartado.

- Factor g, tamaño del sector a analizar y su relación longitud/anchura. También expresado como AB o l:b

Este factor da valor a la probabilidad de propagación del fuego horizontalmente por el edificio. Cuanto mayor espacio tenga el sector a analizar mayores medidas de protección habrá que tomar. El valor se calcula en función de la relación entre la longitud del sector y su anchura. A continuación se representan algunos de los valores que adopta el valor g.

Tamaño del sector a analizar (l:b)	Valor del factor g	Tamaño del sector a analizar (l:b)	Valor del factor g
400	0.4	4000	1.6
600	0.5	5000	1.8
800	0.6	6000	2.0
1000	0.8	7000	2.2
1200	1.0	8000	2.4
2000	1.2	9000	2.6
3000	1.4	10000	2.8

Tabla 14. . Método Gretener. Valor del factor g según el tamaño del sector.

Esta tabla indica los valores del factor g a una escala 1:1 del sector a analizar.

- Factor N: Medidas Normales de Protección de incendios:

Mediante este factor se da valor a las diferentes medidas de protección llevadas a cabo o instaladas para prevenir un posible incendio. El factor N queda dividido así en 5 valores

$$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5$$

Valor de n_1 : Este valor cuantifica la existencia de extintores portátiles. Tienen que estar homologados y con etiqueta y correctamente instalados. Si hay extintores suficientes, el valor n_1 será 1.0. Si por el contrario son insuficientes o inexistentes n_1 será 0.90.

Valor n_2 : Da valor a la existencia de bocas de incendio equipadas (BIE). Deben estar correctamente equipados para su uso inmediato. Si contamos con BIEs suficientes, el valor de n_2 será 1.0, pero si son insuficientes o inexistentes el valor será de 0.80.

Valor n_3 : representa la fiabilidad de las fuentes de agua para la extinción de un posible incendio. Se diferencian tres grados de peligro, y para cada grado se exigen unas condiciones mínimas de caudal y de presión. El grado del riesgo depende de la cantidad de personas que se encuentran expuestas a un posible peligro y a los bienes también expuestos. Los diferentes grados de peligro son tres: Riesgo alto, medio y bajo.

1. Riesgo alto: Por ejemplo edificios antiguos, grandes almacenes, depósitos de mercancías, explotaciones industriales... Se exigen poder facilitar un caudal de más de 3600 l/min.
2. Riesgo medio: Por ejemplo edificios administrativos, casas de viviendas grandes, empresas artesanales, edificios agrícolas... Se exige un caudal mínimo de 1800 l/min.
3. Riesgo bajo: Por ejemplo instalaciones deportivas, casas unifamiliares, naves industriales con bajo poder calorífico, edificios pequeños de viviendas... Se exige un caudal mínimo de 900 l/min.

Instalaciones permanentes, independientes a la red de abastecimiento de agua: Se tienen en cuenta también varias instalaciones como son: depósitos, sistemas de bombeo, instalaciones subterráneas de abastecimiento... y se le da valor para poder aplicarlo en la ecuación. En la siguiente tabla se muestra el valor numérico que adquiere cada instalación dependiendo de la presión con la que trabaje.

	Menos de 2 bar	Mayor de 2 bar	Mayor de 4 bar
Depósito elevado con reserva de agua para extinción o bombeo subterráneos.	0.7	0.85	1.0
Depósito sin reserva de agua para extinción, con bombeo de aguas subterráneas	0.65	0.75	0.90
Bomba subterránea independiente de la red eléctrica sin reserva de agua	0.60	0.70	0.85
Bomba subterránea dependiente de la red eléctrica sin reserva de agua.	0.50	0.60	0.70
Aguas naturales con sistema de impulsión.	0.50	0.55	0.60

Tabla 15. . Método Gretener. Valor de la instalación según la presión a la que trabaje.

Valor de n_4 : Da valor a la longitud de los conductos para el transporte de agua. Cuantifica el valor de la longitud desde un hidrante exterior hasta el acceso a la edificación. Los diferentes valores que adquiere este factor son los siguientes:

1. Para una manguera de menos de 70 metros, el valor será 1.0.
2. Para una manguera que mida de 70 a 100 metros, el valor será 0.95.
3. Para una manguera de más de 100 metros, el valor será 0.90.

Valor de n_5 : Personal instruido. Este factor cuantifica el adiestramiento de las personas encargadas de utilizar las diferentes instalaciones de protección de incendios. Deben conocer sus obligaciones y sus funciones en caso de incendio. Los diferentes valores que se le da a este factor son:

1. Si se dispone de personal formado y disponible: 1.0
2. Si el personal es inexistente: 0.80.

- Factor S: Medidas especiales de protección.

Mediante este factor se da valor a las diferentes medidas especiales de protección que pueden encontrarse en diferentes establecimientos industriales. El factor S queda dividido en varios valores que se muestran en la ecuación.

$$S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 \cdot s_6$$

Valor de s_1 : Este factor indica la detección del posible incendio. Se divide en tres apartados que en conjunto dan valor a s_1 . Dependiendo de las instalaciones de detección de incendios que cuente el sector, se dará un valor u otro:

- s_{11} : Si el sector consta de un servicio de vigilancia cuya alarma se encuentra a 100 metros como máxima distancia y se realizan rondas de día y de noche se le da un valor de 1.05.
- s_{12} : Si el sector consta de una instalación automática de detección de incendio y la transmite a un lugar ocupado permanentemente, el valor será de 1.45.
- s_{13} : Si el sector consta de una instalación de rociadores automáticos, más conocidos como “sprinklers”, el valor será de 1.20.

Valor de s_2 : Este factor da valor a la transmisión de la alarma, y al igual que el factor anterior se divide en varios apartados:

- s_{21} : El sector cuenta con un puesto de control ocupado permanentemente, ocupado durante la noche también por personas competentes. El factor adquiere un valor de: 1.05.
- s_{22} : El sector cuenta con un puesto de control ocupado permanentemente por al menos dos personas formadas que su función sea transmitir la alarma en una posible emergencia. El factor adquiere un valor de 1.10.
- s_{23} : El sector cuenta con una instalación de transmisión automática de la alarma desde la instalación de detección de incendio, hasta un puesto oficial de alarma de incendio, por medio de la red pública (red telefónica). El factor tiene un valor de 1.10.
- s_{24} : El sector cuenta con una instalación igual que el apartado anterior pero en vez de utilizar una red pública, se emplea una red privada, que no se puede bloquear. El factor adquiere un valor de 1.20.

Valor s_3 : Este factor cuantifica la eficacia, la formación y la distancia a la que se encuentren los equipos de bomberos que puedan actuar en el sector a analizar. Para dar valor a este factor, se relacionan en una tabla los cuerpos de bomberos con los que cuente la empresa, y los cuerpos oficiales de bomberos externos a la instalación o empresa. Se diferencian cuatro grupos o niveles de bomberos de empresa:

- Nivel 1: Está formado por un grupo de extinción de incendio que se puede alertar en sus horas de trabajo, compuesto por 10 personas formadas para extinguir un posible fuego.
- Nivel 2: Está formado por un grupo de bomberos de empresa de hasta 20 personas formada para el servicio de incendio y que tienen una organización propia. Se pueden alertar en sus horas de trabajo y fuera de ellas.
- Nivel 3: Grupo de bomberos de hasta 20 personas, formadas para combatir un posible incendio. Se les puede dar alerta en horas de trabajo y fuera de ellas.
- Nivel 4: Se compone de todo lo mencionado en el nivel 3 y a parte consta de un servicio de guardia los días no laborables formado por 4 personas.

Para dar valor a los servicios exteriores de bomberos, se realiza una división en siete categorías:

- Categoría 1: En este primer grupo se encuentran todos aquellos bomberos que no se clasifiquen en la categoría 2.
- Categoría 2: Lo forman cuerpos de bomberos, localizables por llamada, de al menos 20 personas formadas para combatir el fuego. Los días no laborables cuentan con un servicio de guardias y un vehículo para poder desplazarse.
- Categoría 3: Categoría 2 y además cuentan con una auto-bomba para la lucha contra incendios.
- Categoría 4: Lo forma un equipo de bomberos de hasta 20 personas instruidas para combatir el incendio y que cuentan con una auto-bomba con capacidad de 1200 litros. Los días no laborables contará con un equipo de tres personas preparado para salir en un tiempo máximo de 5 minutos.
- Categoría 5: Categoría 4 con una auto-bomba de 2400 litros de capacidad y con un equipo de 5 personas preparado para salir en 5 minutos al lugar de posible incendio.

- Categoría 6: Categoría 5 y aparte un servicio de guardia permanente, con al menos 4 personas formadas para la lucha contra incendios y protección contra gases.
- Categoría 7: Cuerpos de bomberos cuyos equipos se puedan alertar permanentemente y estén preparados para la intervención inmediata.

En la siguiente tabla se muestra la relación de estos dos grupos:

		Bomberos oficiales.				
		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	No hay
Bomberos exteriores	Cat. 1	1.20	1.30	1.40	1.50	1.00
	Cat. 2	1.30	1.40	1.50	1.60	1.15
	Cat. 3	1.40	1.50	1.60	1.70	1.30
	Cat. 4	1.45	1.55	1.65	1.75	1.35
	Cat. 5	1.50	1.60	1.70	1.80	1.40
	Cat. 6	1.55	1.65	1.75	1.85	1.45
	Cat. 7	1.70	1.75	1.80	1.90	1.60

Tabla 16. . Método Gretener. Relación entre bomberos oficiales y externos.

Valor s_4 : Este factor cuantifica el tiempo de intervención de los cuerpos de bomberos oficiales. Este valor dependerá de dos factores, el nivel de los bomberos de la empresa explicado en el apartado anterior, y la relación distancia/tiempo a la que se encuentren los Cuerpos oficiales externos.

	Nivel 1 y 2	Nivel 3	Nivel 4	No hay Bomberos de empresa
Menos de 15 minutos y menos de 5 km.	1.0	1.0	1.0	1.0
Menos de 30 minutos y a más de 5 km.	0.90	0.95	1.0	0.80
Bomberos externos a más de 30 minutos.	0.75	0.90	0.95	0.60

Tabla 17 . Método Gretener. Relación distancia tiempo de llegada de los bomberos oficiales.

Valor de s_5 : cuantifica las instalaciones de extinción del sector a analizar. Dependiendo del sistema de extinción instalado obtendremos un valor u otro de este factor.

Si el sector a analizar dispone de una instalación de “sprinklers” o rociadores, el valor será de 2.0. Si se dispone de una instalación de una instalación de agua pulverizada el valor será de 1.70. y por último si se dispone de un sistema de extinción por gases el valor será de 1.35.

Valor de s_6 : Da valor a la instalación de un sistema automático de evacuación de humos y calor. Este sistema ayuda a reducir el peligro debido a la acumulación del calor bajo el techo. Si el sector cuenta con una instalación automática de evacuación de humos el valor de este factor será de 1.20.

- Factor F: Medidas de protección inherentes a la construcción;

Al igual que el factor S y el N, éste también queda representado como el producto de varios elementos. La ecuación que define el factor F es:

$$F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

Valor f_1 : representa la resistencia el fuego de la estructura portante del edificio.

Valor f_2 : representa la resistencia al fuego de las fachadas.

Valor f_3 : Representa la resistencia al fuego de las separaciones entre plantas teniendo en cuenta las comunicaciones verticales.

Valor f_4 : Representa la dimensión del sector cortafuegos.

Resistencia al fuego: Se determina la capacidad de resistir a la acción del fuego en el tiempo. Cuanto mayor sea el tiempo que resiste, mejor será para evacuar a personas que se encuentren en el inmueble y para combatir el incendio. La escala de tiempos suele ser 15 minutos, 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos, 120 minutos, 180 minutos, 240 minutos. (F15, F30, F60, F90, F120, F180, F240). En la siguiente tabla vienen definidos los diferentes valores que adquiere este factor dependiendo de la resistencia al fuego de sus diferentes elementos inherentes a la construcción como techos, fachadas, pilares...

MEDIDAS INHERENTES A LA CONSTRUCCION						
F		F = $f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$			f	
f_1	11	Estructura portante (elementos portantes: paredes, dinteles, pilares)			1,30	
	12	F90 y más			1,20	
	13	F30 / F60 < F30			1,00	
f_2	21	Fachadas Altura de las ventanas $\leq 2/3$ de la altura de la planta			1,15	
	22	F90 y más			1,10	
	23	F30 / F60 < F30			1,00	
F_3	31	Suelos y techos ** Separación horizontal entre niveles	Número De Pisos	aberturas verticales		
				Z + G ninguna u obturada	V protegida (*)	V no protegid as
	32	F90	≤ 2	1,20	1,10	1,00
			> 2	1,30	1,15	1,00
	33	F30 / F60	≤ 2	1,15	1,05	1,00
			> 2	1,20	1,10	1,00
43	<F30	≤ 2	1,05	1,00	1,00	
		> 2	1,10	1,05	1,00	
F_4	41	Superficie de células Cortafuegos provistas de tabiques F30 puertas cortaf. T30. Relación de las superficies AF/AZ.		$\leq 10\%$	$< 10\%$	$< 5\%$
	42	AZ < 50 m ²		1,40	1,30	1,20
	43	AZ < 100 m ²		1,30	1,20	1,10
		AZ ≤ 200 m ²		1,20	1,10	1,00

Figura 7. Método Gretener. Factores F. Medidas inherentes a la construcción.

El factor F es el último de todos los que componen la ecuación de la exposición al riesgo de incendio. En segundo lugar se explica la segunda fórmula base:

2.2.2 Riesgo de incendio efectivo: $R = B \times A$

Como ya se ha explicado con anterioridad, el factor B es aquél que representa la exposición al riesgo de incendio, con lo cual la incógnita sería el factor A.

Este elemento representa el peligro de activación del incendio. Cuantifica la probabilidad de que un incendio se pueda producir. Este

valor depende de factores que se derivan de la explotación del edificio que pueden ser de materia: térmica, eléctrica, mecánica, química... No sólo depende de peligros originados por la actividad que se realice, sino que también depende de otros factores como: fuentes de peligro originadas por el hombre, mantenimiento incorrecto, desorden...

En la siguiente tabla se indican los valores del factor A dependiendo del nivel de peligro que tengan las diferentes actividades llevadas a cabo.

Peligro	Valor del factor A
Débil: Por ejemplo la actividad llevada a cabo en un museo.	0.85
Normal: Un ejemplo podrían ser los apartamentos, hoteles (gran cantidad de personas) o fabricación relacionada con temas de papel.	1.00
Medio: algún ejemplo sería la fabricación de maquinaria y aparatos.	1.20
Alto: Por ejemplo los laboratorios químicos o talleres de pintura.	1.45
Muy elevado: Por ejemplo fabricación de fuegos artificiales o industria petroquímica.	1.80

Tabla 18. . Método Gretener. Valor del factor A.

2.2.3. Riesgo de incendio aceptado: $R_u = R_n \cdot P_{H,E}$

Para el cálculo de esta última ecuación, se toma en consideración un riesgo de incendio normal para las personas, cuyo valor será 1,3. ($R_n = 1.3$). Además dependiendo del número de personas que se encuentren en el edificio y de la capacidad de movimiento que tengan, obtendremos unos valores del factor $P_{H,E}$. Éste término indica el factor de corrección de riesgo normal. La exposición al riesgo de las personas, según el lugar donde se encuentren, se puede clasificar en tres grupos:

- Grupo 1: Museos, exposiciones de arte, salas de reunión...
- Grupo 2: Hoteles, pensiones, guarderías infantiles...
- Grupo 3: Hospitales, asilos, establecimientos diversos de gran tamaño y gran cantidad de personas.

Para las actividades o establecimientos no mencionados, se dará un valor de $P_{H,E}$ de 1.0. En la siguiente tabla se da valor a este factor, dependiendo de: número de personas que se encuentren habitualmente en el establecimiento, número de plantas o pisos que tenga el sector a analizar y tipo de exposición al riesgo de las personas (grupo 1, grupo 2 o grupo 3). El número de personas que aparece en las siguientes tablas, representan el número máximo de personas que entran en un sector cortafuegos.

Grupo 1				
Planta baja + primer piso	Pisos desde el segundo hasta el cuarto.	Pisos desde el quinto séptimo	Piso octavo o superiores	Valor de $P_{H,E}$
Más de 1000 personas	Hasta 30 personas			1.0
	Hasta 100 personas			0.95
	Hasta 300 personas			0.90
	Hasta 1000 personas	Hasta 30 personas		0.85
	Más de 1000 personas	Hasta 100 personas		0.80
		Hasta 300 personas		0.75
		Hasta 1000 personas	Hasta 30 personas	0.70
		Más de 1000 personas	Hasta 100 personas	0.65

			Hasta 300 personas	0.60
			Hasta 1000 personas	0.55
			Más de 1000 personas	0.50

Tabla 19. . Método Gretener. Grupo 1.

Grupo 2				
Planta baja + primer piso	Pisos desde el segundo hasta el cuarto.	Pisos desde el quinto séptimo	Piso octavo o superiores	Valor de $P_{H,E}$
Más de 1000 personas				1.0
	Hasta 30 personas			0.95
	Hasta 100 personas			0.90
	Hasta 300 personas			0.85
	Hasta 1000 personas	Hasta 30 personas		0.80
	Más de 1000 personas	Hasta 100 personas		0.75
		Hasta 300 personas		0.70
		Hasta 1000 personas	Hasta 30 personas	0.65
		Más de 1000 personas	Hasta 100 personas	0.60
			Hasta 300 personas	0.55

			Hasta 1000 personas	0.50
			Más de 1000 personas	0.45

Tabla 20. Método Gretener. Grupo 2.

Grupo 3				
Planta baja + primer piso	Pisos desde el segundo hasta el cuarto.	Pisos desde el quinto séptimo	Piso octavo o superiores	Valor de $P_{H,E}$
Más de 1000 personas				1.0
	Hasta 30 personas			0.85
	Hasta 100 personas			0.80
	Hasta 300 personas			0.75
	Hasta 1000 personas	Hasta 30 personas		0.70
	Más de 1000 personas	Hasta 100 personas		0.65
		Hasta 300 personas		0.60
		Hasta 1000 personas	Hasta 30 personas	0.55
		Más de 1000 personas	Hasta 100 personas	0.50
			Hasta 300 personas	0.45
			Hasta 1000 personas	0.45

			Más de 1000 personas	0.40
--	--	--	----------------------	------

Tabla 21. Método Gretener. Grupo 3.

Obteniendo el valor de $P_{H,E}$ podremos calcular el riesgo aceptado: $R_u = 1,3 \cdot P_{H,E}$

2.2.4. Prueba de la validez de la Seguridad Contra Incendios del sector cortafuegos a analizar:

El coeficiente γ representa el coeficiente de seguridad contra incendios que se obtiene de la comparación entre el riesgo aceptado y el riesgo normal ($\gamma = R_u/R$). Si este valor da un valor de 1 o mayor, se puede afirmar que la seguridad es suficiente, y si por el contrario es menor que 1 se puede afirmar que es insuficiente y que habrá que revisar todos los parámetros para saber cuál de ellos podría mejorarse.

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO: M.GRETENER Y RIESGO INTRÍNSECO:

En este apartado se realiza una aplicación práctica del método de M.Gretener y el método del riesgo intrínseco. Se aplicarán las fórmulas a una instalación real: Buque “Sestao Knutsen”. Se realiza el estudio del riesgo de incendio de la acomodación del buque.

Para realizar este estudio, se dispone de un plano del buque y de todas las características y elementos o instalaciones que encontramos en el sector a analizar.

3.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGO INTRÍNSECO EN LA ACOMODACIÓN:

La acomodación del buque cuenta con un edificio de seis plantas cuya longitud media de proa a popa es de 23 metros y su anchura de estribor a babor es de 26 metros. Esta acomodación está dividida en 6 plantas en las que encontramos varios elementos combustibles que servirán para calcular el riesgo de incendio. En primer lugar se clasifica la instalación en una de las 5 opciones que presenta el reglamento.

La acomodación del buque queda dentro del tipo B: Ocupa un edificio que esta adosado a otros, que se encuentran a una distancia de tres metros o menos.

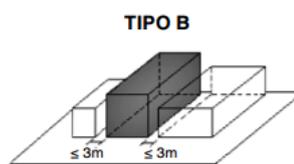


Figura 8. Aplicación método Riesgo Intrínseco. Establecimiento tipo B

En segundo lugar se calcula la densidad de la carga de fuego mediante la ecuación citada en la parte 2.

$$Q_s = \frac{\sum G_i q_i C_i}{A} R_a$$

Para saber el valor de cada factor, a continuación se realiza un resumen en el que aparecen las diferentes zonas de cada cubierta, los materiales combustibles que se presentan en ellas y el peso aproximado de cada elemento (G_i).

Cubierta Principal: Esta cubierta la encontramos dividida en las siguientes zonas; Sala de aire acondicionado, el vestuario para los marineros, la lavandería de sábanas y textiles de los camarotes, la gamuza con varios compartimentos y congeladores, un baño común, varios paños y la sala de control de incendios donde tienes la posibilidad de activar los diferentes elementos o instalaciones contra incendios. En la siguiente tabla se representan los elementos combustibles que podemos encontrar en esta cubierta:

Elemento combustible	q_i (Mcal/m ²)	G_i (Kg)
Ropa o textiles (buzos, sábanas, fibras sintéticas...)	4.3	300
Madera (muebles de la sala de control de incendios y de otros compartimentos).	4.7	600
Aceite de cocina (lo encontramos en la gamuza)	10.0	50
Silicona (situado en la sala de control de incendios y utilizado para mantenimiento).	4.5	1
Grasa (utilizado para mantenimiento).	10.0	1
Elementos plásticos de techos y paredes. (Planchas y recubrimientos de la acomodación)	8.0	3000

Tabla 22. Aplicación Método de Riesgo Intrínseco. Elementos combustibles de la planta principal.

Cubierta A: En esta cubierta se encuentran los comedores, la cocina, una sala con ordenadores, el gimnasio, un baño común y el hospital. Al igual que en la cubierta principal encontramos los siguientes elementos combustibles:

Elemento combustible	q_i (Mcal/m ²)	G_i (Kg)
Ropa o textiles (cortinas, manteles, fibras sintéticas...)	3.9 – 4.9	300
Madera (muebles de la cocina y de otros compartimentos).	4.7	2500
Cableado (aparatos electrónicos y de la cocina)	1.2 cada metro. Unos 15 metros (ordenadores, electrodomésticos...)	20
Papel (revistas, de cocina...)	4.0	20
Elementos plásticos de techos y paredes. (Planchas y recubrimientos de la acomodación)	8.0	3000

Tabla 23. Aplicación Método de Riesgo Intrínseco. Elementos combustibles de la planta A.

Cubierta B: En esta cubierta encontramos los camarotes de los marineros, la lavandería por lo que también hay aparatos electrónicos, un salón común, un baño común y varios compartimentos libres. Los elementos combustibles que hay en esta cubierta son:

Elemento combustible	q_i (Mcal/m ²)	G_i (Kg)
Ropa o textiles (sábanas, ropa del personal de cada camarote, cortinas...)	4.3	800
Madera (muebles de los camarotes y del salón.)	4.7	3000
Cableado	1.2 cada metro. Unos 15 metros.(cables de televisiones...)	20

Elementos plásticos de techos y paredes. (Planchas y recubrimientos de la acomodación)	8.0	3000
--	-----	------

Tabla 24. Aplicación Método de Riesgo Intrínseco. Elementos combustibles de la planta B.

Cubierta C: Se compone de tres camarotes, un salón común, varios despachos, un baño común, lavandería, la sala de control de carga, un pequeña cocina y varios compartimentos para almacenar. Los diferentes elementos combustibles serían:

Elemento combustible	q_i (Mcal/m ²)	G_i (Kg)
Ropa (ropa del personal, sábanas, fibras sintéticas...)	4.3	600
Madera (muebles de la sala de control de incendios y de otros compartimentos).	4.7	2500
Cableado. (En esta cubierta se tendrá muy en cuenta puesto que hay instalados gran cantidad de equipos electrónicos.)	1.2 cada metro Gran cantidad de aparatos electrónicos. Unos 60 metros.	80
Papel.(Todo tipo de libros, cuadernos, publicaciones...)	4.0	250
Elementos plásticos de techos y paredes. (Planchas y recubrimientos de la acomodación)	8.0	3000

Tabla 25. Aplicación Método de Riesgo Intrínseco. Elementos combustibles de la planta C.

Cubierta D: En esta cubierta encontramos los camarotes de los oficiales junto con varios compartimentos que sirven para almacenar material. Elementos combustibles:

Elemento combustible	q_i (Mcal/m ²)	G_i (Kg)
Ropa y textiles (ropa del personal, sábanas, cortinas...)	4.3	800
Madera (muebles de la sala de control de incendios y de otros compartimentos).	4.7	3000
Cableado. (Televisores, aparatos electrónicos...)	1.2 por metro. Unos 15 metros.	20
Elementos plásticos de techos y paredes. (Planchas y recubrimientos de la acomodación)	8.0	3000

Tabla 26. Aplicación Método de Riesgo Intrínseco. Elementos combustibles de la planta D.

Cubierta E: Es la más alta de todas, en ella encontramos el puente con gran cantidad de aparatos electrónicos. Como elementos combustibles se encuentran gran cantidad de libros y publicaciones, además del propio inmueble (mesas, sillas, madera en general..).

Elemento combustible	q_i (Mcal/m ²)	G_i (Kg)
Papel (todo tipo de libros, cartas náuticas, cuadernos...)	4.0	250
Madera (muebles del puente).	4.7	1500
Cableado (cables de todo tipo de sistemas eléctricos del puente.)	1.2 cada metro. Unos 60 metros.	80
Elementos plásticos de techos y paredes. (Planchas y recubrimientos de la acomodación)	8.0	1000

Tabla 27. Aplicación Método de Riesgo Intrínseco. Elementos combustibles de la planta E.

Una vez definidos los diferentes elementos combustibles que tenemos en el sector, y de saber la cantidad en Kilogramos y el poder calorífico de cada uno, se puede proceder a realizar los cálculos.

Las incógnitas que aún quedan en la ecuación sería la A de cada cubierta, que representa la superficie de cada planta, y R_a que adquiere su valor máximo puesto que se realizan actividades de riesgo alto entorno al sector que se analiza: industria petroquímica. El valor sería 3 como se ha visto en la parte 2.

- Cálculo de la densidad de carga de fuego total:

Elemento combustible o material	Poder calorífico (Mcal/m ²)	Cantidad total en Kg.	$G_i * q_i$	C_i	$G_i * q_i * C_i$
Madera	4,70	13.100,00	61570	1	61570
Papel	4,00	520,00	2080	1	2080
Ropa o textiles	4,30	2.800,00	12040	1	12040
Recubrimientos de fachadas y techos. Planchas.	8,00	16.000,00	128000	1	128000
Aceite	10,00	50,00	500	1	500
Silicona	4,50	1,00	4,5	1,2	5,4
Grasa	10,00	1,00	10	1,2	12
Cableado	198	220	43560	1	43560
Sumatorio $\sum G_i * q_i * C_i$					247767,4

Tabla 28. Resultados de aplicación de método del Riesgo Intrínseco.

Teniendo en cuenta que la superficie total es la suma de las diferentes superficies de cada cubierta: $S = S_p S_A S_B S_C S_D S_E$ y cada superficie es de 23 metros de largo por 26 de ancho, obtenemos una superficie total $S_T = 3588 \text{ m}^2$.

El riesgo de activación de incendio podría decirse que es el mayor de todos puesto que entorno al sector que se analiza se desarrollan actividades de alto riesgo: industria petroquímica. El valor de R_a será de 3.

Ahora si se tienen todos los valores para poder llevar a cabo la ecuación:

$$Q_s = \frac{\sum G_i q_i C_i}{A} R_a$$

$$Q_s = \frac{247767.4}{3588} 3 = 207 \text{ Mcal/m}^2$$

Una vez calculada la densidad de fuego se puede decir que el nivel de riesgo intrínseco es medio (nivel 3).

3.2 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE INCENDIO DE M.GRETENER:

A continuación se indica una tabla de valores en los que vienen representados los diferentes factores de todos los elementos que intervienen en las ecuaciones de Gretener. En la parte 2 del proyecto vienen indicados los posibles valores que toman todos los factores. Así pues se pasa a realizar los cálculos:

Un término que se debe calcular con anterioridad será la carga térmica mobiliaria Q_m : se tendrán en cuenta todos los elementos que formen parte del mobiliario de cada cubierta o planta:

Elemento y medida (Mcal/unidad)	Cama (250 por unidad)	Sofá (200 por unidad)	Armario (Pequeños 320 y grandes 500)	Mesas (40 por unidad)	Estante de cocina (280 por unidad)
Cubierta principal	4	2	5pequeños	2	-
Cubierta A	-	4	10pequeños	10	8
Cubierta B	16	16	18pequeños	16	-
Cubierta C	3	10	12grandes	5	1
Cubierta D	16	16	18grandes	16	-
Cubierta E	-	2	10grandes	4	1

Elemento y medida (Mcal/unidad)	Radio (20por unidad)	Biblioteca (200 por m ²)	Escritorio con cajones (520 unidad)	Sillón (80 unidad)	Mesas de cocina (60 por unidad)
Cubierta principal	-	-	2	-	-
Cubierta A	2	20 m ²	2	-	4
Cubierta B	16	40 m ²	16	16	-
Cubierta C	3	50 m ²	8	3	-
Cubierta D	16	-	16	16	-
Cubierta E	-	10 m ²	4	-	-

Tabla 29. Aplicación método Gretener. Cálculo de la carga térmica mobiliaria.

Calculamos la carga térmica total, sabiendo la carga de cada cubierta:

$$Cubierta \ o \ planta = \frac{\frac{Mcal}{m^2} \text{ total de cada cubierta}}{Superficie \ total \ de \ la \ cubierta}$$

Cubierta principal o planta principal (Q₁):

$$Q_1 = \frac{1000 + 400 + 1600 + 80 + 1040}{598m^2} = 6.9 \text{ Mcal/m}^2$$

Cubierta A o primera planta (Q₂):

$$Q_2 = \frac{800 + 3200 + 400 + 2240 + 40 + 4000 + 1040 + 240}{598m^2} = 20 \text{ Mcal/m}^2$$

Cubierta B o segunda planta (Q₃):

$$Q_3 = \frac{320 + 8000 + 8320 + 1280 + 4000 + 3200 + 5760 + 640}{598m^2} = 52.7 \text{ Mcal/m}^2$$

Cubierta C o tercera planta (Q₄):

$$Q_4 = \frac{750 + 2000 + 6000 + 200 + 280 + 60 + 10000 + 4160 + 240}{598m^2} = 39.6 \text{ Mcal/m}^2$$

Cubierta D o cuarta planta (Q_5):

$$Q_5 = \frac{4000 + 3200 + 9000 + 640 + 320 + 8320 + 1280}{598} = 44.7 \text{ Mcal/m}^2$$

Cubierta E o quinta planta (Q_6):

$$Q_6 = \frac{400 + 5000 + 160 + 280 + 2000 + 2080}{598\text{m}^2} = 16.6 \text{ Mcal/m}^2$$

A continuación se calcula la carga térmica total sumando las de todas las plantas o cubiertas:

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

$$Q_t = 6.9 + 20 + 52.7 + 39.6 + 44.7 + 16.6 = 180.5 \text{ Mcal/m}^2$$

Ahora se puede comenzar con el cálculo de los diferentes factores mediante la siguiente tabla de Excel:

Edificio: Acomodación del Buque Sestao Knutsen	Datos	Valores	Comentarios
Compartimentos : 6 compartimentos	l: 23m b: 26m		
Tipo de edificio: edificio de tipo G	AB: 598		
Tipo de concepto			
q= Carga térmica mobiliaria	Qm= 180,5	1,00	
c= Combustibilidad		1,20	Media entre todos los elementos.
r= Peligro de humos		1,10	Peligro Medio (cantidad moderada humo)
k= Peligro de corrosión		1,00	Peligro Normal.
i= Carga térmica inmobiliaria		1,05	Multicapa y estructurade acero.
e= Nivel de planta		1,75	Planta 5. Unos 16 m de altura.
g= Superficie de compartimento		2,00	Se tiene en cuenta superf. Total.
P: PELIGRO POTENCIAL	$(q c r k) * (i e g)$	4,85	
n1= Extintores		1,00	Suficientes
n2= Hidrantes		1,00	Suficientes
n3= Fuentes de agua		1,00	
n4= Conductos de agua		1,00	Mangueras de menos de 70m.
n5= Personal instruido		1,00	
N: MEDIDAS NORMALES	$(n1 n2 n3 n4 n5)$	1,00	
s1= Detección de humos		1,45	Instalado sis.Detección automático.
s2= Transmisión de alarma		1,20	Transmite por la red del buque(privada).
s3= Disponibilidad de bomberos		1,90	Nivel 4 y Categoría 7
s4= Tiempo para la intervención		1,00	Nivel 4 y menos de 15 min.
s5= Instalación de extinción		2,00	Instalación de rociadores (sprinklers)
s6= Instalación de evacuación de humos		1,20	Cuenta con instalación de humos.
S: MEDIDAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN	$(s1 s2 s3 s4 s5 s6)$	7,93	
f1= Estructura portante		1,30	F90 o mas
f2= Fachadas		1,15	F90 o mas
f3= Forjados		1,10	F90 o mas
f4= Dimensiones de las células cortafuegos		1,00	AZ mayor a 200 m2
F: MEDIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN	$(f1 f2 f3 f4)$	1,64	
	$N * S * F$	13,05	
B: EXPOSICIÓN AL RIESGO DE INCENDIO	$P / (N S F)$	0,37	
PELIGRO DE ACTIVACIÓN		1,80	
RIESGO DE INCENDIO EFECTIVO R	$B * A$	0,67	
P_{H,E} SITUACIÓN DE PELIGRO PARA LAS PERSONAS		1,00	
RIESGO DE INCENDIO ACEPTADO Ru	$1,3 * P_{H,E}$	1,30	
SEGURIDAD CONTRA INCENDIO	$\gamma = (R_u / R)$	1,94	

Tabla 30. Aplicación del método de M.Gretener. Resultados.

6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos en los cálculos llevados a cabo en el capítulo 3 del desarrollo, se explican a continuación:

- Resultados de los cálculos del Método del Riesgo Intrínseco.

A continuación se presentan los requisitos exigibles a una instalación de este tipo (tipo B) con este nivel de riesgo intrínseco (Nivel 3).

Se debe tener en cuenta las siguientes características: Superficie total contando todos los sectores cortafuegos: 3588 m² y el riesgo intrínseco es un riesgo medio como se ha calculado con anterioridad. Se toma en consideración que se trata de un buque mercante que transporta una mercancía, en este caso gas licuado. Por lo que se tratará como almacenamiento de productos.

- Sistema automático de detección de incendios: Al tratarse de un riesgo medio y tener una superficie total mayor a 1000 m² es exigible instalar este sistema.
- Sistema manual de alarma de incendio: La superficie total de la instalación supera los 800 m² así que es exigible que se instale.
- Sistema de abastecimiento de agua: Al tratarse de un buque mercante y no de una instalación terrestre, este abastecimiento será necesario y obligatorio. Cuenta con unos tanques de agua dulce para abastecer, dar caudal y presión a los diferentes equipos y sistemas instalados en la zona de la acomodación (BIEs y rociadores).
- Hidrantes exteriores: Instalación obligatoria debida a que la superficie total supera los 2500 m² y el riesgo intrínseco es medio. La zona de la acomodación del buque cuenta con una serie de hidrantes instalados en algunos lugares externos.
- Bocas de incendio equipadas (BIEs): Es exigible instalarlas puesto que la superficie total supera los 500 m².
- Rociadores automáticos: Obligatorio instalar este sistema debido a que la superficie total supera los 1500 m².
- Extintores: Obligatorio instalar una serie de extintores en cada planta de la acomodación. Se instalan dos por cada cubierta y dependiendo de la zona se tratan de polvo, de espuma o de gas. En las zonas con cuadros eléctricos o gran cantidad de equipos electrónicos como en el puente o en la sala de control de carga se instalarán de CO².

- Instalación de alumbrado de emergencia: Exigible instalar este alumbrado en zonas como: cubierta E, sala de control de máquinas o sala de control de incendios. Sería recomendable instalar alumbrado y señalización de emergencia para la evacuación inmediata de todas las personas que se encuentren en la acomodación.

Este es el listado de requisitos exigibles, aunque se debe tener en cuenta que la regulación de los sistemas que se deben instalar (cantidad, lugar, tipo, capacidad...), la dicta el convenio del SOLAS y el código FSS (Fire Safety System). Un ejemplo es la instalación de un sistema de comunicación de alarma. Según el reglamento en este caso no sería exigible la instalación de este sistema aunque por otro lado, SOLAS obliga a instalar un sistema de comunicación de alarma que distinga entre alarma parcial y general.

- Resultados de los cálculos de Max Gretnener:

Como se ha explicado con anterioridad dependiendo del resultado, mayor de 1 o menor de 1, el riesgo será aceptable o insuficiente.

Si el valor es mayor de uno el riesgo será aceptable. Si por el contrario es menor será insuficiente y será necesario formular nuevos conceptos de protección. En este caso el resultado es 1.94, por lo que el riesgo es aceptable y el establecimiento está suficientemente protegido.

$$\gamma = \frac{R_u}{R} = 1.94$$

- Conclusiones generales:

Como se ha demostrado en los cálculos, es posible cuantificar numéricamente el valor del riesgo de incendio de un establecimiento industrial, de manera ágil y práctica.

Los cálculos y los resultados son satisfactorios aunque se empleen algunos datos aproximados pero bastante cercanos a la realidad.

Son métodos bastante parecidos que emplean ecuaciones sencillas y factores semejantes, aunque el segundo método empleado que es el de Max Gretnener emplea más elementos y factores por lo que es más fiable y exacto ese resultado.

Otra conclusión que se puede mencionar es la falta de elementos gráficos que muestren valores o resultados, es decir, algunos métodos como el de Gustav Purt mencionado en el capítulo 1, utiliza dos ecuaciones para averiguar dos valores que después introduce en una gráfica que muestra el resultado final. Podría resultar bastante práctico en el Método de Max Gretener puesto que cuenta con gran cantidad de factores y valores y podrían aparecer de una manera más clara en un gráfico.

Se alcanza la meta de conseguir realizar una explicación detallada de la forma de aplicar estos métodos.

7. BIBLIOGRAFÍA:

Las fuentes de información empleadas para llevar a cabo el desarrollo del proyecto han sido las siguientes:

- Reglamento de Seguridad Contra Incendios en establecimientos industriales. NTP (Nota técnica de prevención) 831.

- Norma Básica de la Edificación NBE-CPI/96 aprobada por RD 2177/1996, de 4 de octubre.

- RD 1942/1993, de 5 de noviembre, Reglamento de las instalaciones de protección contra incendios.

- Orden de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del RD 1942/1993.

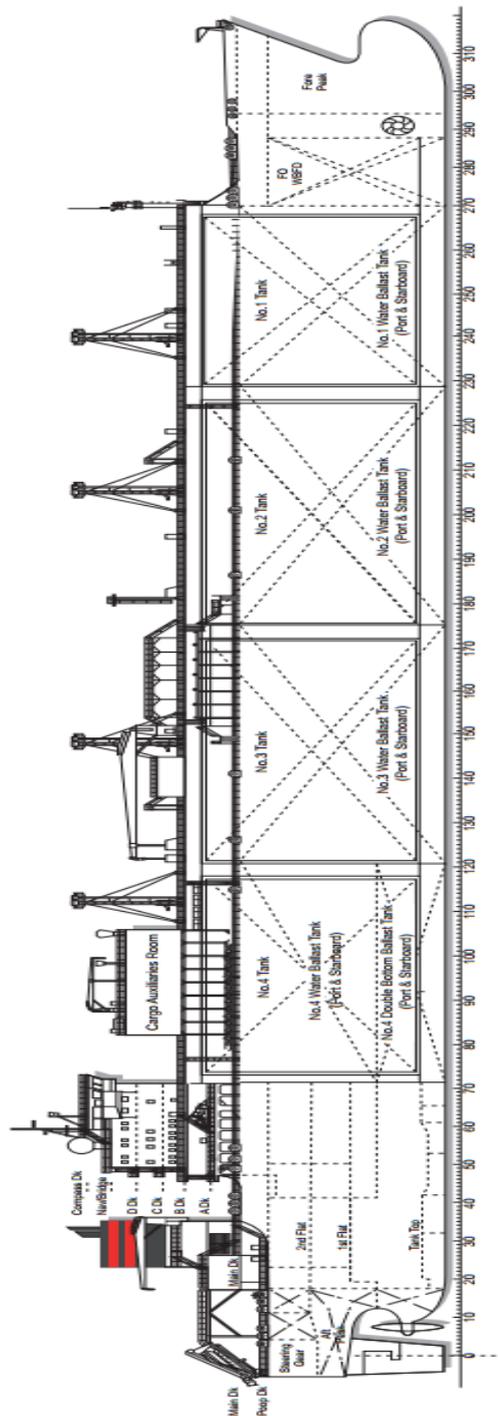
- FUNDACIÓN MAPFRE (1997): Manual de Seguridad contra incendios. Fundación Mapfre. Madrid.

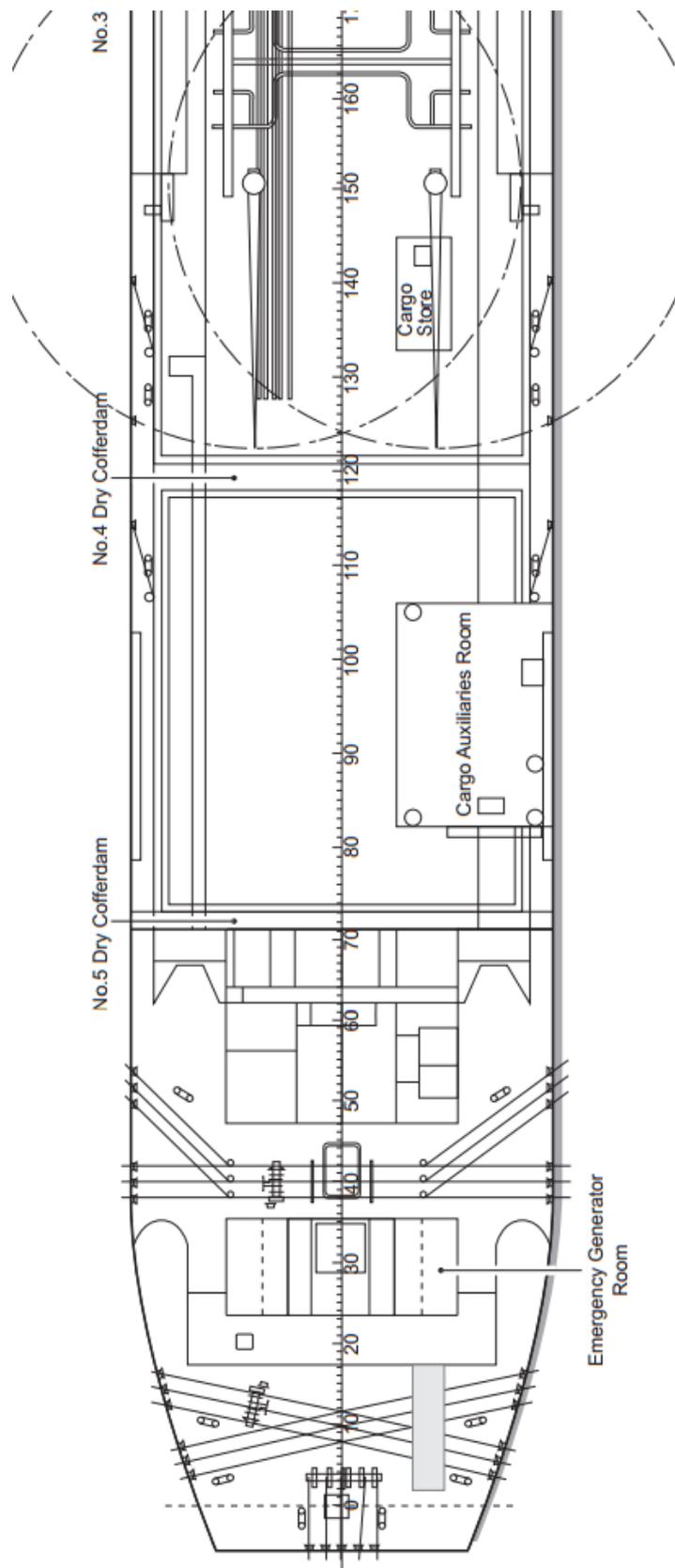
- FUERTES PEÑA, J. (2001): Métodos de evaluación del riesgo de incendio. Estudio comparativo y análisis crítico de su aplicación práctica. Proyecto Fin de Carrera dirigido por RUBIO ROMERO.

- “Sestao Knutsen Bridge Operating Manual” Manual del puente del buque “Sestao Knutsen”.

ANEXOS:

En este apartado se presentan todos los planos de posible uso: Planos de cada planta o cubierta de la acomodación con los diferentes sistemas y elementos de lucha contra incendios que tiene instalados.





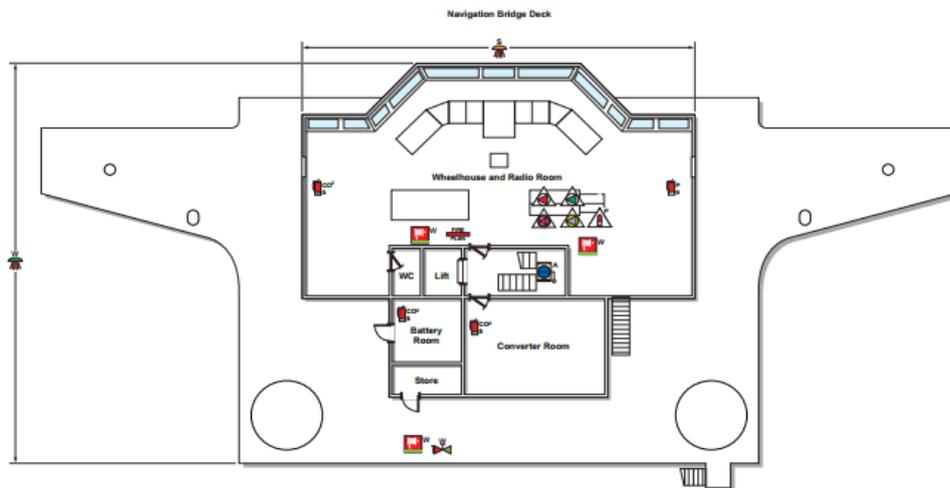


Imagen del Puente o Última planta.

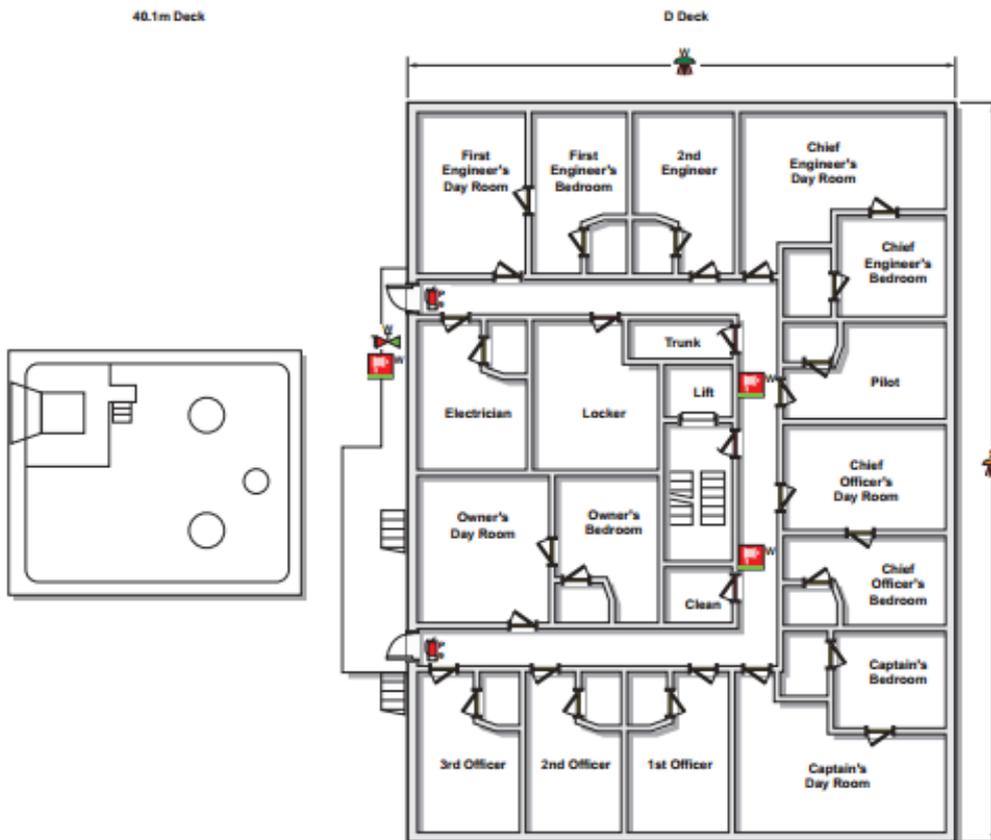


Imagen Cubierta D

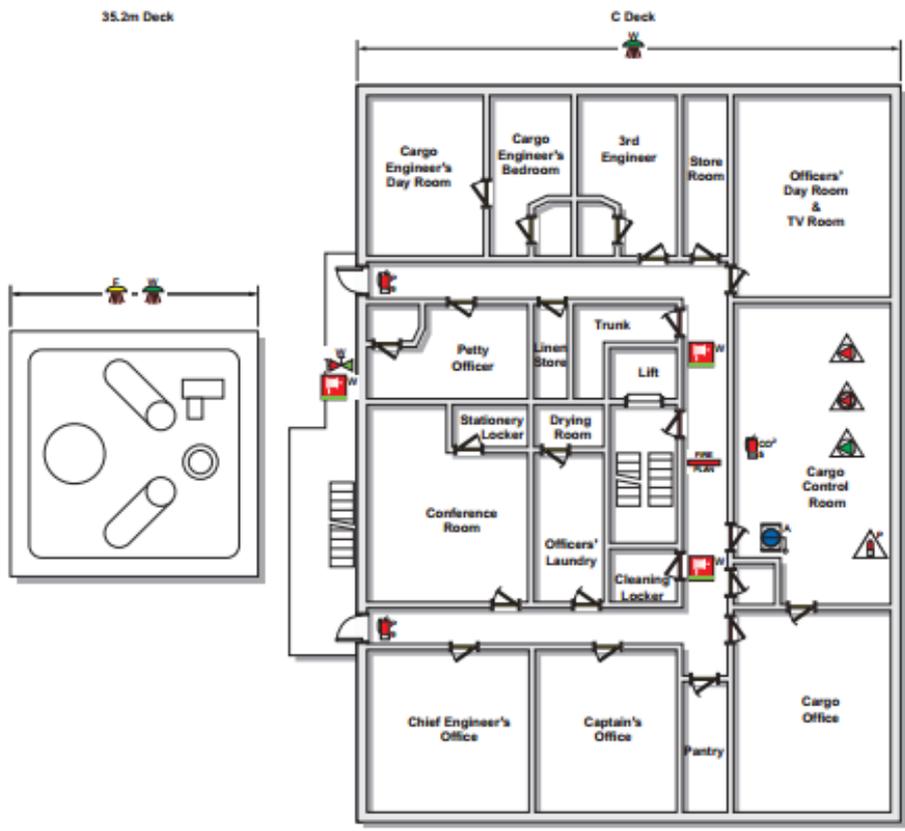


Imagen de la cubierta C

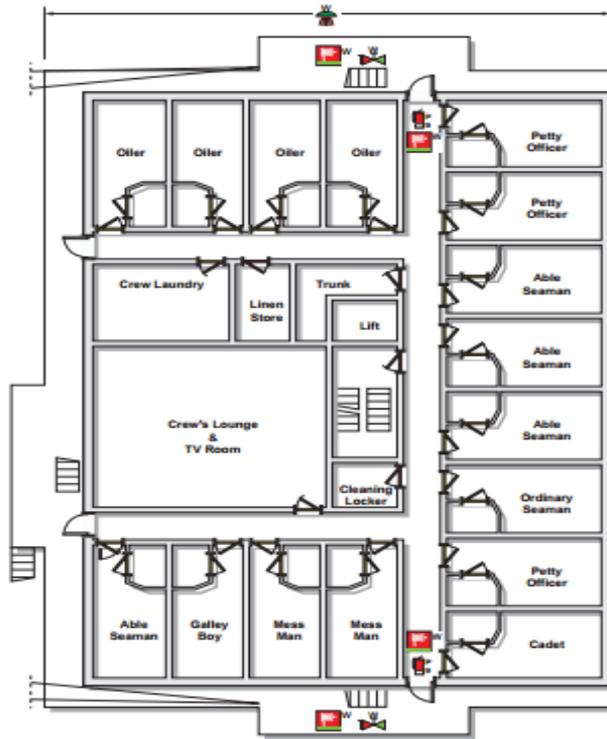


Imagen cubierta B.

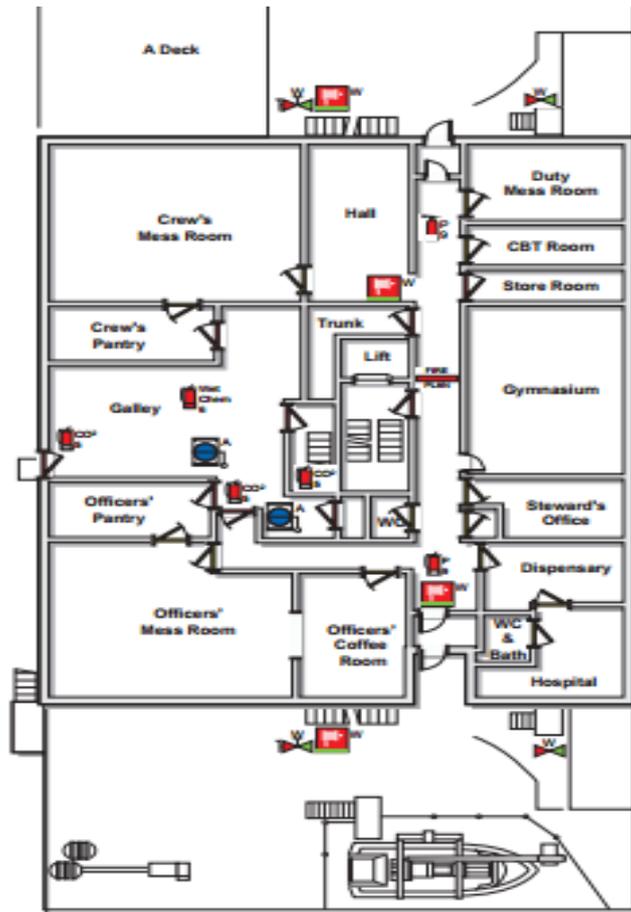


Imagen Cubierta A