



## ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

### PROJECTE FINAL DE CARRERA

# ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO EN UN TALLER FERROVIARIO

**Projectista:** Óscar Álvarez García  
**Director:** Juan Carlos López López  
**Convocatòria:** Junio de 2009

## ÍNDICE

---

1.	OBJECTO.....	1
2.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL EDIFICIO .....	2
2.1.	Taller de material móvil .....	2
2.2.	Dispensario Médico de Salud laboral y vestuarios .....	2
2.3.	Aparcamiento .....	3
3.	ACCESSIBILITAT .....	4
4.	SECTORITZACIÓ.....	5
4.1.	Sectores de incendio considerados.....	5
4.2.	Compartimentación respecto vecinos.....	5
4.3.	Compartimentación interior .....	6
4.4.	Estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes y de cubierta ..	6
4.5.	Comportamiento al fuego de los materiales de construcción .....	7
5.	EVACUACIÓN.....	8
5.1.	Número de salidas.....	8
5.2.	Ocupación .....	8
5.3.	Recorridos de evacuación .....	8
6.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES .....	10
6.1.	Ventilación y extracción de humos .....	10
6.2.	Hidrantes exteriores .....	10
6.3.	Sistema de detección automática.....	11
6.4.	Sistemas manuales de alarma (pulsadores) .....	11
6.5.	Sistemas de comunicación de alarma (sirenas) .....	11
6.6.	Abastecimiento de agua contra incendios .....	11
6.7.	Extintores .....	11
6.8.	Bocas de incendios equipadas (BIE).....	11
6.9.	Columna seca.....	12
6.10.	Cuerpos de Bomberos oficiales.....	12
6.11.	Rociadores automáticos de agua (ROC).....	12
6.12.	Otros sistemas de extinción: agua pulverizada, espuma física, extinción por polvo, extinción por agentes gaseosos .....	12
6.13.	Sistema de alumbrado de emergencia .....	12
6.14.	Señalización .....	12
6.15.	Servicio de vigilancia .....	12
6.16.	Organización de la emergencia .....	13
7.	MÉTODOS DE EVALUCIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO.....	14

7.1. Cálculo de la carga de fuego.....	14
7.2. Método de Gretener .....	15
7.3. Método de Purt.....	17
7.4. Método de MESERI.....	23
7.5. Método del riesgo intrínseco .....	27
7.6. Método de F.R.A.M.E. ....	35
8. CONCLUSIONES.....	53
9. EVALUACIÓN DE COSTES.....	56
10. BIBLIOGRAFIA.....	58
11. PLANOS.....	60

## **1. OBJECTO**

El objeto del presente estudio es analizar los principales métodos de evaluación de riesgo de incendio existentes sobre un establecimiento industrial singular; un taller de reparación de material ferroviario propiedad de Ferrocarril Metropolità de Barcelona, y elegir el más idóneo para el establecimiento.

Según el REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, establece en su Artículo 1, como mínimo exigible, la posibilidad de *aplicación, para casos particulares, de técnicas de seguridad equivalentes, según normas o guías de diseño de reconocido prestigio para la justificación de la soluciones técnicas de seguridad equivalente adoptadas, que deben aportar, al menos, un nivel de seguridad equivalente a la anterior. Esta aplicación de técnicas de seguridad equivalente deberá ser justificado debidamente por el proyectista y resueltas por el órgano competente de la comunidad autónoma.*

## **2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL EDIFICIO**

### **2.1. Taller de material móvil**

La actividad de taller se desarrolla íntegramente en planta semisótano, en una superficie total de 9.427 m<sup>2</sup>.

Esta nave dispone de un acceso directo a la calle Josep Estivill a través de la rampa de acceso de mercancías, un acceso peatonal a través de la planta baja del edificio de oficinas Sagrera II y otra salida directa al patio exterior con conexión directa la calle Honduras. Este patio esta utilizado como aparcamiento por el personal de TMB. Existe un acceso para vehículos por la calle Bofarull a un patio exterior utilizado como aparcamiento por el personal de TMB que comunica con el patio exterior de la calle Honduras mediante un pasillo abierto.

El plano 00 adjunto muestra la situación de estos accesos.

La nave taller de material móvil fue construida en 1959, compuesta en su totalidad por elementos de hormigón armado; muros, pilares incluso la cubierta, con una ampliación en 1970.

Existen construcciones auxiliares en el interior de la nave construida con estructura metálica.

En la nave de material móvil se utiliza para el mantenimiento de ciclo largo de los truck de los trenes, (motores, bugis, ruedas, amortiguadores...), para la renovación de trenes antiguos y como estacionamiento nocturno de trenes.

Los trenes que se estacionan y se renuevan en este taller, son los pertenecientes a la L1 del metro de Barcelona, con ancho ibérico, no compatibles con los trenes del resto de líneas.

### **2.2. Dispensario Médico de Salud laboral y vestuarios**

Anexado al taller de material móvil, junto fachada nordeste (lado c/ Honduras) sobre las dependencias técnicas del taller, existe una edificación de dos plantas. La planta baja está ocupada por vestuarios, y en planta piso se encuentra el dispensario médico de salud laboral de FMB. Desde el taller de

material móvil se puede acceder a los vestuarios mediante las escaleras que comunican el taller con el patio exterior.

El edificio, arranca desde planta sótano con una estructura porticada de hormigón armado con forjado unidireccional de viguetas de hormigón, fachadas de ladrillo y cubierta planta.

A planta piso se accede por una escalera con acceso directo desde el patio exterior.

### **2.3. Aparcamiento**

Junto a fachada este se dispone dos espacios a cielo abierto que se utilizan para el estacionamiento de vehículos. El más grande se accede por la calle Hondures con una capacidad para 30 vehículos. El más pequeño, con forma triangular, se accede por la calle Bofarull, con capacidad para 8 vehículos

### **3. ACCESSIBILITAT**

El establecimiento es accesible por vehículos de intervención por dos vías públicas:

- Calle Josep Estivill, núm. 47.
- Calle Honduras, núm. 41-49

La anchura de las dos calles es aproximadamente de 12 metros. Ancho suficiente para la intervención de vehículos de bomberos, según el Decret 241/1994, de 26 de juliol, sobre *condicionants urbanístics i de protecció contra incendis en els edificis*.

Para la intervención de Bomberos, se puede acceder por los siguientes puntos:

- Rampa de acceso al taller por la calle Josep Estivill, núm. 47.
- Acceso de vehículos al aparcamiento abierto por la calle Honduras, núm. 41-49.
- Acceso por la calle Bofarull al aparcamiento pequeño.
- Planta baja del edificio de oficinas situado sobre el taller, por la calle Josep Estivill.

## **4. SECTORITZACIÓ**

### **4.1. Sectores de incendio considerados**

La totalidad de la nave taller de material móvil formará un sector único de incendio integrado con el dispensario médico de salud laboral y los vestuarios. La superficie total del sector será de **9.427m<sup>2</sup>**.

La nave taller de material móvil debe garantizar la sectorización respecto el edificio de oficinas de Sagrera II.

### **4.2. Compartimentación respecto vecinos**

La construcción de los edificios de viviendas fue posterior a la construcción de la nave taller, que desde sus inicios mantiene las mismas características constructivas que las existentes.



En el momento de la construcción de los edificios de viviendas colindantes, se levantó una citara ladrillo de 6 metros que sirve de separación de las viviendas con la nave taller.

#### **4.3. Compartimentación interior**

Por las características constructivas de la nave, se considera que se encuentra compartimentada respecto en edificio de oficinas Sagrera II, propiedad de FMB, con una resistencia mínima EI120. El grado exigible para un edificio de tipo B en planta sótano y riego intrínscico BAJO (apartado 5.1. de l'Anexo II del R.D. 2267/2004). Solamente hay una serie de puntos donde se rompe esta sectorización, en los cuales se interviene para consideraciones de cálculo.

Se considera suficiente la separación de un metro mediante un muro compartimentador, existente entre la cubierta de la nave taller y las ventanas de la fachada interior del edificio de oficinas de Sagrera II en planta primera.

Según el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio DB-SI, clasifica locales y zonas de riesgo especial integrados en los edificios y regula las condiciones de resistencia al fuego. Junto a la nave principal existe un centro de transformación con aparatos con aislamiento dieléctrico seco, locales de contadores de electricidad y cuadros generales de distribución. Estas salas están clasificadas como RIESGO BAJO. Según la tabla 2.2 la resistencia al fuego de paredes y techos debe ser EI90 y la estructura R90. Estas salas no se encuentran sectorizadas adecuadamente que según la tabla 2.1. Existen almacenes de elementos combustibles cuyo volumen es inferior a 200m<sup>3</sup> exigiendo el DB-SI la misma resistencia al fuego.

#### **4.4. Estabilidad al fuego de los elementos estructurales portantes y de cubierta**

El punto 6.1. del Anexo I de la ORCPI-08, se requiere una estabilidad al fuego de los elementos estructurales y de las escaleras que sean recorridos de evacuación situados en planta sótano de R-120.

La estructura portante principal de la nave, muros, pilares jácenas y cubierta esta construida por elementos de hormigón armado, por lo que se puede considerar una resistencia al fuego mínima de R-120.

Existe una estructura portante de acero protegida con una proyección de perlita-vermiculita con un certificado de REI-120.

#### **4.5. Comportamiento al fuego de los materiales de construcción**

Como se ha comentado, el edificio fue construido en la década de los 70, y los materiales existentes son los de origen. No se dispone de certificados acreditativos del comportamiento al fuego.

Sin embargo, teniendo en cuenta el material predominante (hormigón, elementos petrios, vidrios, yesos....) y tal como indica el punto 3.5. del Anexo II del R.D. 2267/2004, se pueden considerar de clase A1 (M0), a excepción del falso techo de las oficinas de talleres así como alguna mampara de separación existente en la nave.

Tampoco se disponen certificados conforme los cables eléctricos que transcurren por falso techo no son propagadores de llama y con emisión de humo y opacidad reducida.

Existe una sala de SAI's realizada en 2007 la cual esta construida con paneles sándwich con una estabilidad al fuego EI120. Se dispone certificando AFFITI.

## 5. EVACUACIÓN

### 5.1. Número de salidas

La nave taller tiene cuatro salidas de evacuación, tal y como se puede observar en el plano 02

Las salidas consideradas son las siguientes:

- A través de la rampa de salida a C/ Josep Estivill.
- A través de las escaleras que suben a planta baja del edificio de Sagrera II por las oficinas de MM, y de aquí directamente al exterior, al C/ Josep Estivill.
- Salida por las escaleras al patio exterior y posteriormente hasta C/ Hondures.
- Salida a vía general. Este acceso comunica con la red de METRO (Estación de Sagrera). *Esta salida no es considerada en los cálculos por no considerarse como salida segura.*

Las salidas y recorridos de evacuación, están contempladas en el Plan de autoprotección que dispone el centro con revisión en marzo de 2005.

### 5.2. Ocupación

La ocupación real del edificio es:

EDIFICIO	TURNO DE MAÑANA	TURNO DE TARDE
Taller material móvil	50	13

### 5.3. Recorridos de evacuación

Todos los recorridos de evacuación tienen una anchura mínima de un metro. La (capacidad para 200 personas, según el DB SI).

Las puertas existentes tienen un ancho de paso mínimo de 0'80 metros.

En el caso de las escaleras, la huellas (h) y las contrahuellas (c), cumplen:

c/h constante

$$540\text{mm} \leq 2c + h \leq 700\text{mm}$$

$$130\text{mm} \leq c \leq 185\text{mm}$$

$$h \geq 28 \text{ cm}$$

Según el plano L002, los recorridos de evacuación superan los 100 metros, límite máximo permitido por el RSCIEI (dependiendo del tipo de riesgo).

## **6. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES**

### **6.1. Ventilación y extracción de humos**

El establecimiento no dispone de sistema de extracción de ventilación y extracción de humos.

En los dientes de sierra de cubierta, existen zona acristalada de captación de iluminación. *No se considera útil para la evacuación de humos ya que esta formado por vidrios armados de seguridad.*

En el tercio superior de las fachadas, existen 28 ventanas de 2,30m<sup>2</sup> que suponen el 1,77% de su superficie susceptible de rotura para la evacuación de humos.

### **6.2. Hidrantes exteriores**

En los alrededores de la nave taller, en las calles Honduras y Josep Estivill existen hidrantes exteriores, tal como se indica en el plano 00.

Los requisitos normativos en cuanto a la disposición y número de hidrantes difieren en función del Reglamento aplicado:

L'Ordenança Reguladora de les Condicions de Protecció Contra Incendis dispone en el artículo 9.1, que los hidrantes exteriores para sectores superiores a 1.000m<sup>2</sup> estarán ubicados en zonas exteriores a menos de 100mts de l'acceso principal del establecimiento industrial.

El R.D. 2267/2004, en el punto 7 del Anxo III, exige la existencia de hidrantes en establecimientos industriales, de manera que la instalación tiene que proteger todas las zonas de incendio, teniendo en cuenta que se considera que la zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 metros, medidos desde el emplazamiento del hidrante.

Considerada un instalación adecuada y suficiente.

### **6.3. Sistema de detección automática**

La nave taller de material móvil no dispone de sistema de detección de incendios.

El Centro Médico si dispone de detectores distribuidos correctamente.

### **6.4. Sistemas manuales de alarma (pulsadores)**

La nave taller no dispone de pulsadores de alarma.

### **6.5. Sistemas de comunicación de alarma (sirenas)**

La nave dispone de un sistema de comunicación de alarma insuficiente.

### **6.6. Abastecimiento de agua contra incendios**

El establecimiento no dispone de sistema propio de abastecimiento de agua contra incendios.

No obstante, y tal como indica el artículo 13.3. del ORCPI-08, *dentro del termino municipal de Barcelona, se considera que el caudal de agua es suficiente*, siempre que el ramal que alimenta la conexión de incendios tenga el diámetro suficiente, teniendo en cuenta que la presión media de la zona, para suministrar el caudal necesario calculado para citada conexión.

### **6.7. Extintores**

El establecimiento dispone de 33 extintores contra incendios distribuidos por la totalidad de la nave. Su número es insuficiente. Se dispone de servicio de mantenimiento.

### **6.8. Bocas de incendios equipadas (BIE)**

El establecimiento dispone de 3 BIEs de 45. Número insuficiente para cubrir la totalidad de la nave. Se dispone de servicio de mantenimiento.

#### **6.9. Columna seca**

El establecimiento no dispone de columna seca.

#### **6.10. Cuerpos de Bomberos oficiales**

Existe un parque oficial de bomberos en la Av. Rio de Janeiro, a 3,3km y 5 min.

#### **6.11. Rociadores automáticos de agua (ROC)**

El establecimiento no dispone de sistema de extinción con agua por rociadores.

#### **6.12. Otros sistemas de extinción: agua pulverizada, espuma física, extinción por polvo, extinción por agentes gaseosos**

El establecimiento dispone, únicamente, de un sistema de agua nebulizada en una de las dependencias técnicas.

#### **6.13. Sistema de alumbrado de emergencia**

El establecimiento dispone de alumbrado distribuido por toda la planta, pero este es *insuficiente según el ORPCI-08*: 3 lux en los ejes de los recorridos de evacuación.

#### **6.14. Señalización**

El establecimiento dispone de señalización de los recorridos de evacuación y salidas de emergencia.

#### **6.15. Servicio de vigilancia**

La nave dispone de un servicio de vigilancia 24h.

#### **6.16. Organización de la emergencia**

La empresa dispone de un Plan de Emergencia (Plan de Autoprotección) que incluye la organización de las personas para actuar en caso de emergencia, designa los equipos de primera intervención y establece el plan de evacuación.

## **7. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO**

### **7.1. Cálculo de la carga de fuego**

Se analiza a continuación, mediante el cálculo de la carga de fuego ponderada, considerando todos los materiales combustibles que se prevean como normalmente utilizables en los procesos de fabricación y todas las materias combustibles que puedan ser almacenadas.

Se hace servir los parámetros referentes a actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento que aparece en el RSCIEI:

Donde:

$G_i$  = Masa de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio (kg).

$q_i$  = Poder calorífico de cada uno de los combustibles (i) que existen el sector de incendio (Mcal/kg).

$C_i$  = Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

$A$  = Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de activación ( $m^2$ ).

Según la empresa constructora de trenes Alstom, en 2005 asimilaba la composición de los trenes de la serie 9000 a los del metro de Singapur con una carga de fuego por unidad de 188.179MJ. El taller de Sagrera tiene una capacidad máxima de ocupación en estacionamiento o reparación de 6 vehículos, con una carga de fuego total de 270.761Mcal.

*Los trenes de la línea 1 de metro son de ancho europeo, no sustituibles por trenes de las restantes líneas.*

La tabla siguiente relaciona los diferentes productos que pueden aportar una carga de fuego a la nave, y la cantidad máxima que se puede encontrar.

PRODUCTO	G <sub>i</sub> (kg)	q <sub>i</sub> (Mcal/kg)	C <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> xq <sub>i</sub> x C <sub>i</sub> (Mcal)
Grasas	600	10	1,3	7.800
Aceites	500	11	1,3	7.150
Pinturas y disolventes	500	10	1,3	6.500
Disolventes	250	10	1,3	3.250
Desengrasantes	400	11	1,3	5.720
Colas y adhesivos	10	9	1,3	117
Detergentes	200	4	1,0	800
Productos de limpieza	100	4	1,0	400
Mobiliario	500	4	1,0	2.000
Material revestimiento vagones metro	1.100	8	1,0	8.800
6 trenes serie 6000			1,0	270.761
<b>TOTAL</b>				<b>313.298</b>

$$Q_m = \frac{313.298}{9.427} = 33,23 \text{Mcal} / \text{m}^2 = 138,58 \text{MJ} / \text{m}^2$$

## 7.2. Método de Gretener

Para la variable 1, situación actual, utilizamos para la carga de fuego ponderada, calculada como carga real existente para designar el valor Q<sub>m</sub>, debido a la gran diferencia asignada para un taller de reparación en las tablas del anexo 1: 400MJ/m<sup>2</sup>.

$$Q_m = \frac{313.298}{9.427} = 33,23 \text{Mcal} / \text{m}^2 = 138,58 \text{MJ} / \text{m}^2$$

n<sub>3</sub> Se valora el suministro de la red pública como *Depósito con reserva de agua para extinción:- Con bombeo de agua subterránea con accionamiento independiente de la red eléctrica*. La presión de suministro es de más de 4 bar.

S<sub>5</sub> No existe instalación de extinción S<sub>5</sub>=1

Aun existiendo un túnel de pintura, el riesgo no se considera característico. Se escoge un riesgo medio. A=1,2

Las variantes de las medidas de evacuación no modifican la determinación del riesgo: Número de salidas y situación de las mismas.

La evaluación de la situación actual (variante 1) resulta un riesgo inaceptable γ= 0,878.

El la variante 2 (con mejoras de la situación actual) se incorpora una instalación de Bocas de Incendio Equipadas BIEs, con un resultado de  $\gamma=1,097$ . Aun siendo un poco justo, según el método, se considera un riesgo aceptable.

EDIFICIO: <b>TALLER FERROVIARIO</b>		LUGAR <b>Barcelona</b>		CALLE <b>C/Josep Estivill,47</b>	
Parte del edificio. <b>NAVE PRINCIPAL</b>		VARIANTE... <b>1</b>	VARIANTE... <b>2</b>	VARIANTE...	
Compartimento: <b>Único</b>	I =	<b>210</b>	I =	<b>210</b>	I =
Tipo de edificio: <b>G</b>	AB =	<b>9.427</b>	AB =	<b>8.796</b>	AB =
	l/b =	<b>4,68</b>	l/b =	<b>5,01</b>	l/b =
	b =	<b>44,9</b>	b =	<b>41,88</b>	b =
<b>TIPO DE CONCEPTO</b>					
q Carga Térmica Mobiliaria (MJ/m <sup>2</sup> )	Qm = 138,58	<b>0,9</b>	Qm = 138,58	<b>0,9</b>	Qm = 138,58
c Combustibilidad		<b>1,2</b>		<b>1,2</b>	
r Peligro de humos		<b>1,2</b>		<b>1,2</b>	
k Peligro de corrosión		<b>1</b>		<b>1</b>	
i Carga térmica inmobiliaria		<b>1</b>		<b>1</b>	
e Nivel de la planta		<b>1</b>		<b>1</b>	
g Superf. Del compartimento		<b>2</b>		<b>2</b>	
<b>P PELIGRO POTENCIAL</b>	qcrk · ieg	<b>2,592</b>	qcrk · ieg	<b>2,592</b>	qcrk · ieg
n1 Extintores portátiles		<b>1</b>		<b>1</b>	
n2 Hidrantes interiores. BIE		<b>0,8</b>		<b>1</b>	
n3 Fuentes de agua-fiabilidad		<b>1</b>		<b>1</b>	
n4 Conductos transp. Agua		<b>0,95</b>		<b>0,95</b>	
n5 Personal instr. En extinc.		<b>1</b>		<b>1</b>	
<b>N MEDIDAS NORMALES</b>	n1 ... n5	<b>0,760</b>	n1 ... n5	<b>0,950</b>	n1 ... n5
S1 Detección de fuego		<b>1,1</b>		<b>1,1</b>	
S2 Transmisión de Alarma		<b>1,05</b>		<b>1,05</b>	
S3 Disponib. De bomberos		<b>1,6</b>		<b>1,6</b>	
S4 Tiempo para intervención		<b>1</b>		<b>1</b>	
S5 Instalacion de extinción		<b>1</b>		<b>1</b>	
S6 Instal. Evacuación de humo		<b>1</b>		<b>1</b>	
<b>S MEDIDAS ESPECIALES</b>	S1 ... S6	<b>1,848</b>	S1 ... S6	<b>1,848</b>	S1 ... S6
f1 Estructura portante	F < 120	<b>1,3</b>	F < 120	<b>1,3</b>	F <
f2 Fachadas	F < 120	<b>1,15</b>	F < 120	<b>1,15</b>	F <
f3 Forjados	F < 120	<b>1</b>	F < 120	<b>1</b>	F <
· Separación de plantas	.....		.....		.....
· Comunicaciones verticales					
f4 Dimensiones de las células	AZ =		AZ =		AZ =
· Superficies vidriadas	AF/AZ = 5%	<b>1</b>	AF/AZ = 5%	<b>1,00</b>	AF/AZ =
<b>F MEDIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN</b>	f1 ... f4	<b>1,495</b>	f1 ... f4	<b>1,495</b>	f1 ... f4
B Exposición al riesgo	P / (N · S · F)	<b>1,234</b>	P / (N · S · F)	<b>0,988</b>	P / (N · S · F)
A Peligro de activación		<b>1,2</b>		<b>1,2</b>	
<b>R RIESGO DE INCENDIO EFECTIVO</b>	B · A	<b>1,481</b>	B · A	<b>1,185085</b>	B · A
PH, E Situación de peligro para las personas	H = 50		H = 50		H =
	p = 1		p = 1		p =
Ru Riesgo de incendio aceptado	1,3 · PH, E	<b>1,3</b>	1,3 · PH, E	<b>1,3</b>	1,3 · PH, E
<b>y SEGURIDAD CONTRA INCENDIO</b>	y = ( Ru / R)	<b>0,878</b>	y = ( Ru / R)	<b>1,097</b>	y = ( Ru / R)
NOTAS:					
<b>VARIANTE 1 y&lt;1 RIESGO NO ACEPTABLE</b>					
<b>VARIANTE 2 y&lt;1 RIESGO ACEPTABLE instalación de BIES</b>					

### 7.2.1. Deficiencias del método

- No considera ni el número ni las condiciones de las salidas de evacuación.

### 7.3. Método de Purt

#### 7.3.1. Antecedentes

Este método puede considerarse una versión simplificada del método de Gretener.

#### 7.3.2. Cálculo de la carga de fuego de la nave de material móvil

Se hace servir la fórmula que consiste en calcular el riesgo para el edificio (GR) y el riesgo para el contenido (IR), que aparece en la NTP100.

La expresión usada para el cálculo del riesgo del edificio es:

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

Donde:

$Q_m$  = Coeficiente de carga calorífica.

$C$  = Coeficiente de combustibilidad.

$Q_i$  = Valor adicional correspondiente a la carga calorífica del inmueble.

$B$  = Coeficiente correspondiente a la situación e importancia del sector corta fuegos.

$L$  = Coeficiente correspondiente al tiempo necesario para iniciar la extinción.

$W$  = Factor correspondiente a la resistencia al fuego de la estructura portante de la construcción.

$R_i$  = Coeficiente de reducción del riesgo.

Para el cálculo del riesgo del contenido, la expresión utilizada es:

$$IR = H \cdot D \cdot F$$

H = Coeficiente de daño a las personas.

D = Coeficiente de peligro para los bienes.

F = Coeficiente de influencia del humo.

Carga calorífica del contenido calculada es de  $\frac{313.298}{9.427} = 33,23 \text{Mcal/m}^2$

La elección de los factores se realiza mediante las siguientes tablas:

Cálculo el riesgo para el edificio GR

Tabla 1 Valor numérico del coeficiente $Q_m$ de la carga calorífica del contenido					
Escala	Kgs. de madera/m <sup>2</sup>		Mcal/m <sup>2</sup>		$Q_m$
1	0	15	0	60	1.0
2	16	30	61	120	1.2
3	31	60	121	240	1.4
4	61	120	241	480	1.6
5	121	240	481	960	2.0
6	241	480	961	1.920	2.4
7	481	960	1.921	3.840	2.8
8	961	1.920	3.841	7.680	3.4
9	1.921	3.840	7.681	15.360	3.9
10	> 3.841		> 15.361		4.0

$Q_m = 1.0$

Tabla 2 Valores establecidos para el coeficiente de combustibilidad C		
Escala	Clase de riesgo del material	C
1	Fe VI (peligro mínimo)	1.0
1	Fe V	1.0
1	Fe IV	1.0
2	Fe III	1.2
3	Fe II	1.4
4	Fe I (peligro máximo)	1.6

$C = 1.0$

Escala	Kgs. de madera / $m^2$	$Q_i$
1	0 – 20	0.0
2	21 – 45	0.2
3	46 – 70	0.4
4	71 - 100	0.6

$Q_i = 0$

Escala	El objeto presenta las características siguientes	B
1	- superficie del sector corta fuego inferior a 1.500 $m^2$ - o como máximo tres plantas - o altura del techo 10 m como máximo	1.0
2	- superficie del sector corta fuego comprendida entre 1.500 y 3.000 $m^2$ - o de 4 a 8 plantas - o altura de techo comprendida entre 10 y 25 m - o situado en el primer sótano	1.3
3	- superficie del sector corta fuego comprendida entre 3.000 y 10.000 $m^2$ - o más de 8 plantas - o altura de techo superior a 25 m - o situado en el segundo sótano más bajo	1.6
4	- superficie del sector corta fuego superior a 10.000 $m^2$	2.0

$B = 1,6$

Escala de calificación	Tiempo de intervención	10'	10'-20'	20'-30'	>30'
		Distancia en línea recta	1 km	1-6 km	6-11 km
	Bomberos				
1	Bomberos profesionales	1.0	1.1	1.3	1.5
2	Bomberos de empresa				
2	Bomberos de empresa dispuestos a intervenir siempre	1.1	1.2	1.4	1.6
3	Puesto de intervención de bomberos	1.2	1.3	1.6	1.8
4	Cuerpo local de bomberos con retén	1.3	1.4	1.7	1.9
5	Cuerpo local de bomberos sin retén	1.4	1.7	1.8	2.0
	Escala de intervención	(a)	(b)	(c)	(d)

Bomberos profesionales 5' (3,3km)

$L = 1,1$

Tabla 6 Valores de W correspondiente al grado de resistencia al fuego				
Escala	Clase de resistencia al fuego	W	Correspondiente a una carga calorífica de (aproxim.)	
			Kgs. de madera / m <sup>2</sup>	Mcal / m <sup>2</sup>
1	RF 30	1.0	--	-
2	RF 30	1.3	37	148
3	RF 60	1.5	60	240
4	RF 90	1.6	80	320
5	RF 120	1.8	115	460
6	RF 180	1.9	155	620
7	RF 240	2.0	180	720

W = 1,8

Tabla 7 Valores del coeficiente de reducción R <sub>i</sub>			
Escala	Apreciación	R <sub>i</sub>	Datos
1	Mayor que normal	1.0	- inflamabilidad facilitada por almacenaje extremadamente abierto o poco compacto de las materias combustibles - combustión previsible generalmente rápida - número de focos de ignición peligrosos mayor que normal
2	Normal	1.3	- inflamabilidad normal debida a almacenaje medianamente abierto y poco compacto de las materias combustibles - combustión previsible normal - focos de ignición habituales
3	Menor que normal	1.6	- inflamación reducida por almacenaje de una parte (25 a 50 %) de la materia combustible en recipientes incombustibles o muy difícilmente combustibles - almacenaje muy denso de los materiales combustibles - desarrollo muy rápido de un incendio poco probable - en principio el edificio es de una sola planta, de superficie inferior a 3.000 m <sup>2</sup> - condiciones muy favorables de evacuación del calor
4	Muy pequeño	2.0	- muy débil probabilidad - en principio, probabilidad de combustión lenta (fuegos latentes)

Muy débil probabilidad de ignición debido al almacenaje de las materias combustibles en recipientes cerrados, de chapa de acero o de un material equivalente por su resistencia al fuego y almacenaje muy denso.

R<sub>i</sub> = 2.0

$$GR = \frac{(Q_m) \cdot (C + Q_i) \cdot B \cdot L}{W \cdot R_i} = 1,76$$

## Cálculo el riesgo para el contenido IR

Tabla 8 Valores del coeficiente H del peligro para las personas		
Escala	Grado de peligro	H
1	No hay peligro para las personas	1
2	Hay peligro para las personas, pero éstas 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

H = 1

Tabla 9 Valores del coeficiente D correspondiente a la destructibilidad		
Escala	Grado de peligro	H
1	El contenido del edificio no representa un valor considerable o es poco susceptible de ser destruido (por sectores corta fuego)	1
2	El contenido del edificio no representa un valor superior a 2.500 FrS / m <sup>2</sup> o bien un valor total superior a 2.000.000 en el interior del sector corta fuego y es susceptible de ser destruido	2
3	La destrucción de los bienes es definitiva y su pérdida irreparable (bienes culturales); es decir, los valores destruidos no pueden ser reparados de manera rentable, o bien representan una pérdida que constituye una amenaza para la existencia de la empresa	3

Los bienes que contiene el edificio representan una pérdida irreparable por la repercusión que supondría sobre la sociedad.

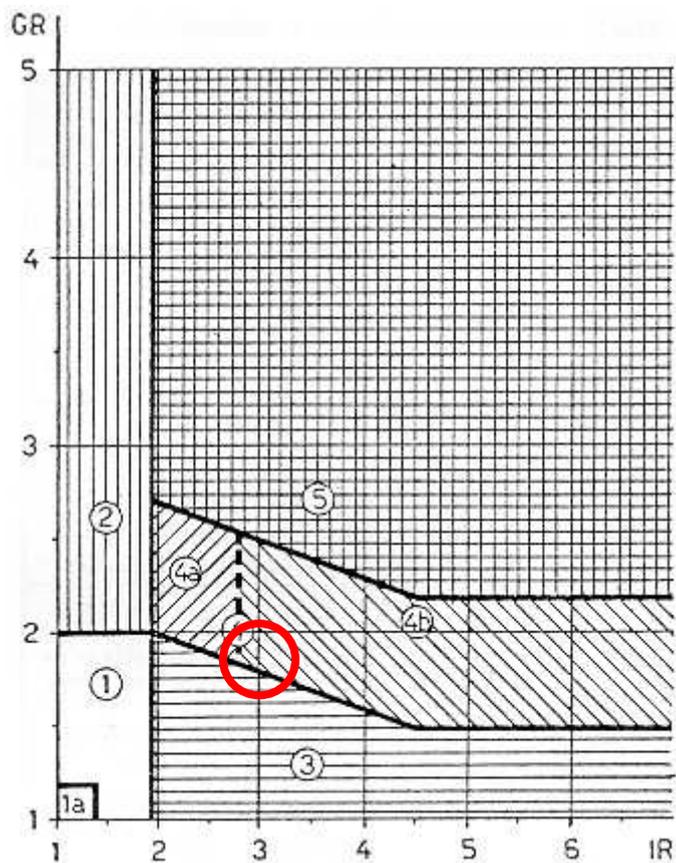
D = 3

Tabla 10 Valores numéricos del factor F para el humo		
Escala	Datos	F
1	- Sin peligro particular de humos de corrosión	1.0
2	- Más del 20 % del peso total de todos los materiales combustibles son materias que desprenden mucho humo o productos de combustión tóxicos - O bien en edificios o zonas corta fuego sin ventanas	1.5
3	- Más del 50 % del peso total de todos los materiales combustibles son materias que desprenden mucho humo o productos de combustión tóxicos - O más del 20 % del peso total de todos los materiales combustibles son materias que desprenden gases combustión corrosivos	2.0

F = 1

$$IR = H \cdot D \cdot F = 3$$

### 7.3.3. Medidas de protección



Según el diagrama de medidas, nos encontramos en la zona 4b donde el método nos propone por lo menos, la colocación de una instalación de predetección. En la zona 4 recomienda un doble protección; predetección y extinción.

Zonas:

- 1) Instalación automática de protección no necesaria
- 2) Instalación automática de extinción. Predetección no apropiada.
- 3) Predetección necesaria. Rociadores automáticos no apropiados.
- 4) Doble protección (detección y extinción automática) o:
  - a. Instalación de extinción
  - b. Instalación de predetección

## 7.4. Método de MESERI

### 7.4.1. Antecedentes

El Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio (MESERI), redactado en España por MAPFRE EN 1978, consiste en una orientación inicial que presenta claras limitaciones y que nos sirve únicamente para una visualización rápida del riesgo global de incendio.

El método utiliza por una parte una serie de factores que generan o agravan el riesgo de incendio, como son los factores propios de las instalaciones, y de otra parte, los factores que colaboran con la protección frente al riesgo de incendio.

Así en función del valor numérico del riesgo, obtendremos mediante una tabla la calificación del riesgo.

### 7.4.2. Cálculo del riesgo de incendio

La evaluación del riesgo por el método de Meseri se realiza mediante la aplicación de una fórmula la cual queda definida por dos factores:

$$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{30}$$

X coeficientes correspondientes al estado de las instalaciones (construcción, situación, proceso, concentración, propagabilidad y destructibilidad).

Y coeficientes correspondientes al factor de protección.

El riesgo se considera admisible cuando  $P \geq 5$  siendo:

VALOR DE RIESGO, P	CALIFICACIÓN DEL RIESGO
Inferior a 3	Muy malo
3 a 5	Malo
5 a 8	Bueno
Superior a 8	Muy bueno

El método no considera parámetros de evacuación: Salidas de emergencia, ocupación...

El método no se consideran parámetros de extracción de humos.

El método excluye las BIEs de 25mm obligando a considerar BIEs de 45mm. En este estudio se consideran BIEs de 25mm con racor de 45mm como las óptimas para una fácil y rápida utilización.

Se realiza la evaluación con el estado actual obteniendo un riesgo no aceptable.

Riesgo se convierte en aceptable en segunda evaluación con la incorporación de una instalación de BIEs.

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO						
Empresa: Ferrocarril Metropolità de Barcelona			Situación: ESTADO ACTUAL			
CONCEPTO		Coeficiente	Pts			
<b>CONSTRUCCIÓN</b>						
<i>Nº de pisos</i>	<i>Altura</i>					
1 o 2	menor que 6 m	3				
de 3 a 5	entre 6 y 15 m	2			3	
de 6 a 9	entre 16 y 28 m	1				
más de 10	más de 28 m	0				
<i>Superficie mayor sector incendios</i>						
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5				
de 501 a 1.500 m <sup>2</sup>		4				
de 1501 a 2.500 m <sup>2</sup>		3			0	
de 2.501 a 3.500 m <sup>2</sup>		2				
de 3.501 a 4.500 m <sup>2</sup>		1				
más de 4.500 m <sup>2</sup>		0				
<i>Resistencia al fuego</i>						
Resistencia al fuego (hormigón)		10			10	
No combustible		5				
Combustible		0				
<i>Falsos techos</i>						
Sin falsos techos		5				
Con falsos techos incombustibles		3			5	
Con falsos techos combustibles		0				
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>						
<i>Distancia de los bomberos</i>						
menor de 5 km <5 min.		10				
entre 5 y 10 km 5 y 10 min.		8				
entre 10 y 15 km 10 y 15 min.		6			10	
entre 15 y 20 km 15 y 25 min.		2				
más de 20 km >25 min.		0				
<i>Accesibilidad de edificios</i>						
Buena		5				
Media		3			3	
Mala		1				
Muy mala		0				
<b>PROCESOS</b>						
<i>Peligro de activación.(F. Ignición)</i>						
Bajo		10				
Medio		5			10	
Alto		0				
<i>Carga térmica</i>						
Baja (Q<240Mcal/m <sup>2</sup> )		10				
Moderada 240Mcal/m <sup>2</sup> <Q<480Mcal/m <sup>2</sup>		5			10	
Alta (480<Q<1200Mcal/m <sup>2</sup> )		2				
Muy alta (Q>1200Mcal/m <sup>2</sup> )		0				
<i>Inflamabilidad de los combustibles</i>						
Baja (M.0 y M.1)		5				
Media (M.2 y M.3)		3			5	
Alta (M.4 y M.5)		0				
<i>Orden, limpieza y mantenimiento</i>						
Bajo		0				
Medio		5			10	
Alto		10				
<i>Almacenamiento en altura</i>						
menor de 2 m		3				
entre 2 y 4 m		2			2	
más de 6 m		0				
<b>FACTOR DE CONCENTRACIÓN</b>						
<i>Factor de concentración</i>						
<600€/m <sup>2</sup>		3				
entre 600 y 1.500€/m <sup>2</sup>		2			0	
> a 1.500€/m <sup>2</sup>		0				
<b>PROPAGABILIDAD</b>						
<i>Vertical</i>						
Baja					5	
Media					3	5
Alta					0	
<i>Horizontal</i>						
Baja					5	
Media					3	5
Alta					0	
<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>						
<i>Por calor</i>						
Baja						
Media						
Alta						
<i>Por humo</i>						
Baja						
Media						
Alta						
<i>Por corrosión</i>						
Baja						
Media						
Alta						
<i>Por agua</i>						
Baja						
Media						
Alta						
<b>SUBTOTAL (X).....</b>						75
<b>FACTORES DE PROTECCIÓN</b>						
Concepto	SV		CV		Pts	
	SCRA	CCRA	SCRA	CCRA		
Detección automática	0	2	3	4	0	
Rociadores automáticos	5	6	7	8	-	
Extintores portátiles		1		2	2	
BIE		2		2	-	
Hidrantes exteriores		2		4	-	
EPIS		2		2	2	
ESI		4		4	4	
Plan autoprotección		2		4	4	
<b>SUBTOTAL (Y).....</b>						12
<b>VALOR DE RIESGO</b>						
$P = \frac{5 X}{129} + \frac{5 Y}{30}$						
P≥5 Riesgo aceptable						P= 4,91
<b>OBSERVACIONES</b>						
RIESGO NO ACEPTABLE						

## EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO

Empresa: Ferrocarril Metropolità de Barcelona		Situación: Variantes mejora sit. Actual	
CONCEPTO	Coeficiente	Pts	
<b>CONSTRUCCIÓN</b>			
<i>Nº de pisos</i>	<i>Altura</i>		
1 o 2	menor que 6 m	3	3
de 3 a 5	entre 6 y 15 m	2	
de 6 a 9	entre 16 y 28 m	1	
más de 10	más de 28 m	0	
<i>Superficie mayor sector incendios</i>			
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5	0
de 501 a 1.500 m <sup>2</sup>		4	
de 1501 a 2.500 m <sup>2</sup>		3	
de 2.501 a 3.500 m <sup>2</sup>		2	
de 3.501 a 4.500 m <sup>2</sup>		1	
más de 4.500 m <sup>2</sup>		0	
<i>Resistencia al fuego</i>			
Resistencia al fuego (hormigón)		10	10
No combustible		5	
Combustible		0	
<i>Falsos techos</i>			
Sin falsos techos		5	5
Con falsos techos incombustibles		3	
Con falsos techos combustibles		0	
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>			
<i>Distancia de los bomberos</i>			
menor de 5 km	<5 min.	10	10
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8	
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6	
entre 15 y 20 km	15 y 25 min.	2	
más de 20 km	>25 min.	0	
<i>Accesibilidad de edificios</i>			
Buena		5	3
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
<b>PROCESOS</b>			
<i>Peligro de activación.(F. Ignición)</i>			
Bajo		10	10
Medio		5	
Alto		0	
<i>Carga térmica</i>			
Baja (Q<240Mcal/m <sup>2</sup> )		10	10
Moderada 240Mcal/m <sup>2</sup> <Q<480Mcal/m <sup>2</sup>		5	
Alta (480<Q<1200Mcal/m <sup>2</sup> )		2	
Muy alta (Q>1200Mcal/m <sup>2</sup> )		0	
<i>Inflamabilidad de los combustibles</i>			
Baja (M.0 y M.1)		5	5
Media (M.2 y M.3)		3	
Alta (M.4 y M.5)		0	
<i>Orden, limpieza y mantenimiento</i>			
Bajo		0	10
Medio		5	
Alto		10	
<i>Almacenamiento en altura</i>			
menor de 2 m		3	2
entre 2 y 4 m		2	
más de 6 m		0	
<b>FACTOR DE CONCENTRACIÓN</b>			
<i>Factor de concentración</i>			
<600€/m <sup>2</sup>		3	0
entre 600 y 1.500€/m <sup>2</sup>		2	
> a 1.500€/m <sup>2</sup>		0	

CONCEPTO	Coeficiente	Pts			
<b>PROPAGABILIDAD</b>					
<i>Vertical</i>					
Baja	5	5			
Media	3				
Alta	0				
<i>Horizontal</i>					
Baja	5	5			
Media	3				
Alta	0				
<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>					
<i>Por calor</i>					
Baja	10	0			
Media	5				
Alta	0				
<i>Por humo</i>					
Baja	10	5			
Media	5				
Alta	0				
<i>Por corrosión</i>					
Baja	10	5			
Media	5				
Alta	0				
<i>Por agua</i>					
Baja	10	5			
Media	5				
Alta	0				
<b>SUBTOTAL (X).....</b>			<b>75</b>		
<b>FACTORES DE PROTECCIÓN</b>					
Concepto	SV		CV		Pts
	SCRA	CCRA	SCRA	CCRA	
Detección automática	0	2	3	4	0
Rociadores automáticos	5	6	7	8	-
Extintores portátiles		1		2	2
BIE		2		2	2
Hidrantes exteriores		2		4	-
EPIS		2		2	2
ESI		4		4	4
Plan autoprotección		2		4	4
<b>SUBTOTAL (Y).....</b>					<b>14</b>
<b>VALOR DE RIESGO</b>					
$P = \frac{5 X}{129} + \frac{5 Y}{30}$					
P≥5 Riesgo aceptable					<b>P= 5,24</b>
<b>OBSERVACIONES</b>					
ACEPTABLE con la instalación de BIES					

## 7.5. Método del riesgo intrínseco

### 7.5.1. Antecedentes

Este método fue redactado por el Ministerio de Industria y Energía de España en 1981 con fuentes propias. Este método publicado en la derogada NBE-PCI-82, y actualmente este método está publicado en el Real Decreto 2267/2004 por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales.

### 7.5.2. Cálculo de la carga de fuego de la nave de material móvil

Se hace servir la formula que referente a actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento que aparece en el RSCIEI:

$$Q_s = \frac{\sum(G_i \times q_i \times C_i)}{A} \times R_a (\text{Mcal} / \text{m}^2)$$

Donde:

$G_i$  = Masa de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio (kg).

$q_i$  = Poder calorífico de cada uno de los combustibles (i) que existen el sector de incendio (Mcal/kg).

$C_i$  = Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

$A$  = Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de activación ( $\text{m}^2$ ).

$R_a$  = Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio.

La principal actividad que se desarrolla se asimila a "Taller de reparación". Dentro de la nave existe un cabina de pintura para trenes. Se escoge el coeficiente ( $R_a=1,5$ ) correspondiente a una actividad de "Taller de pintura" según el listado de la tabla 1.2 del RSCIEI, por ser el rango más exigente desde el punto de la seguridad exigible según el punto 3.1.4. del ORMPCI.

Se considera la nave como único sector de incendios con una superficie de 9.427 m<sup>2</sup>.

$$Q_s = \frac{313.298}{9.427} \times 1,5 = 49,85 \text{Mcal} / \text{m}^2 = 207,88 \text{MJ} / \text{m}^2$$

Según la tabla 1.3 del RSCIEI, este valor corresponde a un nivel de riesgo intrínseco **BAJO 1**.

### **7.5.3. Características del establecimiento por su configuración y ubicación con relación a su entorno.**

Según el *Reglamento de Seguridad Contra incendios en los establecimientos industriales*, que desarrolla el R.D. 2267/2004, caracteriza el establecimiento como tipo B, es decir, aquellos establecimientos industriales que ocupan totalmente un edificio y que se encuentran a una distancia igual o inferior a tres metros de otros edificios, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.

### **7.5.4. Máxima superficie del sector**

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, para este tipo de establecimientos con nivel de riesgo BAJO 1, la superficie de sector máxima permitida es de 6.000 m<sup>2</sup>, aunque se puede aumentar hasta 10.000 m<sup>2</sup> si la actividad que se desarrolla es de almacén de materiales tipo A y los materiales de construcción empleados ,incluidos los revestimientos, son de clase A en su totalidad.

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m <sup>2</sup> )	TIPO B (m <sup>2</sup> )	TIPO C (m <sup>2</sup> )
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO	NO ADMITIDO	(3)	(3)(4)
6		2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

No se cree oportuna realizar ninguna acción de sectorización para obtener sectores máximos de 6.000 m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

-La nave desarrolla la actividad desde hace más de 40 años, y mantiene las mismas características constructivas. Inicialmente hubiese sido un edificio tipo C (sin límite de superficie máxima).

-La nave taller, por la actividad que desarrolla, necesita un espacio totalmente diáfano para el acceso y estacionamiento de trenes.

-El edificio está construido principalmente con materiales de clase A (materiales pétreos, cerámicos y metálicos, así como vidrios, morteros, hormigones y yesos). Por lo tanto se podría considerar un sector de hasta 10.000 m<sup>2</sup>.

-La carga de fuego en el establecimiento como se ha podido comprobar anteriormente es muy reducida.

Según indica la OMPCI de Barcelona los cuadros eléctricos con potencia superior a 50kw se consideraran como riesgo especial bajo con la clasificación que presenta el CTE.

### 7.5.5. Estabilidad del fuego de los elementos portantes

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, para este tipo de establecimientos con nivel de riesgo BAJO 1 en planta Sótano, la estabilidad de los elementos estructurales con función portante y escaleras de evacuación no serán inferior de R90. Sin embargo, la OMCP108 requiere R120 para la misma situación.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

Tabla 2.2. del RSCIEI

Nivell de risc intrínsec	Tipus A		Tipus B		Tipus C	
	Pl. soterrani	Pl. pis	Pl. soterrani	Pl. pis	Pl. soterrani	Pl. pis
Baix	R-120	R-90	R-120	R-60	R-120	R-60
Mitjà	No admès	R-120	R-120	R-90	R-120	R-90

Tabla de la OMPCI de Barcelona

### 7.5.6. Resistencia al fuego de los elementos constructivos de cerramiento

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, para este tipo de establecimientos con nivel de riesgo BAJO, la estabilidad de los muros de medianería no serán inferior a EI120/REI120.

	Sin función portante	Con función portante
Riesgo bajo	EI 120	REI 120 (RF-120)
Riesgo medio	EI 180	REI 180 (RF-180)
Riesgo alto	EI 240	REI 240 (RF-240)

Según la OMPCI, una separación entre edificios de 3m equivale a un EI120. Esta situación se produce en las zonas vidriadas de fachada con los edificios de vivienda.

### 7.5.7. Evacuación de los establecimientos industriales

Los elementos de evacuación obedecen a los descrito en el CTE.

- Escaleras protegidas ascendentes deberán tener 1mts de anchura.
- Los pasos de puertas serán  $\geq 0,80\text{m}$  y  $\leq 1,20\text{m}$
- Para este establecimiento se puede asimilar, por la carga de fuego obtenida, que los materiales implicados y los productos de construcción son del clase A. En este caso, al ser un riesgo de nivel Bajo 1, la norma permite hasta 100mts en la longitud de recorridos de evacuación. La OMPCI de Barcelona obliga a tener 2 salidas de planta para plantas subterráneas y limita la alternativa de ampliación a 100m a sectores situados en planta baja.

Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

### **7.5.8. Señalización e iluminación**

La señalización de los medios de evacuación quedan definidos en el CTE. La iluminación de emergencia queda definida en la OMPCI con un valor de 3lux para las vías de evacuación.

### **7.5.9. Ventilación y eliminación de humos**

Para riesgos de nivel Bajo RSCIEI no obliga y la OMPCI obliga si el sector es >500m<sup>2</sup> y la carga de fuego es >100Mcal/m<sup>2</sup>, por lo tanto no es necesaria este tipo de instalación.

### **7.5.10. Sistema automático de detección de incendio**

Para riesgos de nivel Bajo, RSCIEI no obliga .

### **7.5.11. Sistemas manuales de alarma de incendio**

Para actividades distintas a almacenaje con superficies  $\geq$  a 10.000m<sup>2</sup> es necesaria esta instalación, colocando un pulsador a 25m como distancia máxima desde cualquier punto del establecimiento.

### **7.5.12. Sistema de comunicación de alarma**

Para actividades donde la suma de todos sus sectores sea superior a 10.000m<sup>2</sup> es necesaria la instalaciones de sirenas o sistema de megafonía. En nuestro caso la actividad tienen una superficie construida total de 9.427m<sup>2</sup>. No sería necesario la instalación de sirenas de comunicación de alarma.

### **7.5.13. Sistema de hidrantes exteriores**

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, para este tipo de establecimientos con nivel de riesgo BAJO y la superficie de 9.427m<sup>2</sup>, es necesario disponer de una instalación de hidrantes exteriores

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m <sup>2</sup> )	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥300 >1000	NO Sí*	SÍ SÍ	
B	≥1000 ≥2500 ≥3500	NO NO SÍ	NO SÍ SÍ	SÍ SÍ SÍ
C	≥2000 ≥3500	NO NO	NO SÍ	SÍ SÍ
D o E	≥5000 ≥15000	sí	SÍ SÍ	SÍ SÍ

La red municipal de hidrantes de Barcelona se considera suficiente en cuanto a caudal y autonomía.

#### 7.5.14. Extintores

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, determina un extintor a no más de 15m desde cualquier punto.

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m <sup>2</sup> (un extintor más por cada 200 m <sup>2</sup> , o fracción, en exceso)

#### 7.5.15. Sistemas de bocas de incendio equipadas

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, una actividad con riesgo bajo no requiere instalación de BIEs. La OMPCI obliga a toda actividad >500m<sup>2</sup> a disponer de instalación de BIEs.

Se instalarán BIEs de 25mm cada 50m según el RIPCI.

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	TIPO DE BIE	SIMULTANEIDAD	TIEMPO DE AUTONOMÍA
BAJO	DN 25 mm	2	60 min
MEDIO	DN 45 mm*	2	60 min
ALTO	DN 45 mm*	3	90 min

#### 7.5.16. Sistemas de columna seca

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, una actividad con riesgo bajo no requiere instalación de columna seca.

### **7.5.17. Sistemas de rociadores automáticos de agua**

Según las indicaciones que da el R.D. 2267/2004, no son necesarios para niveles de riesgo Bajo

### **7.6. Método de F.R.A.M.E.**

#### **7.6.1. Antecedentes**

Método basado en los métodos de ERIC y Gretener redactado por E. DE SMET en Bélgica en 1.988.

El método de FRAME amplía el estudio del riesgo para el patrimonio de Gretener al cálculo del riesgo para las personas y de las pérdidas económicas.

#### **7.6.2. Cálculo del riesgo de incendio**

El método utiliza tres guiones para el cálculo del riesgo del patrimonio, de las personas y de las actividades.

Considera un riesgo tolerable cuando el valor obtenido no supera el valor 1, dando en tal caso como adecuadas las medidas de protección instaladas en el edificio.

El método utiliza un gran número de factores para cada uno de los tres riesgos considerados.

La gran complejidad de las ecuaciones queda compensada por la sencillez de uso de la hoja de cálculo.

Los tres riesgos quedan definidos por tres ecuaciones:

$$R = \frac{P}{A * D} \quad \text{Para el patrimonio}$$

$P$ = Riesgo Potencial

$$P=q*i*g*e*v*z$$

$A$ = Riesgo Admisible

$$A=1,6-a-t-c$$

$D$ = Nivel de protección

$$D= W*N*S*Y$$

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 * D_1} \quad \text{Para las personas}$$

$P_1$ = Riesgo Potencial

$$P_1=q*i*e*v*z$$

$A_1$ = Riesgo Admisible

$$A_1=1,6-a-t-r$$

$D_1$ = Nivel de protección

$$D_1= N*U$$

$$R_2 = \frac{P_2}{A_2 * D_2} \quad \text{Para la actividad}$$

$P_2$ = Riesgo Potencial

$$P_2=i*g*e*v*z$$

$A_1$ = Riesgo Admisible

$$A_1=1,6-a-c-d$$

$D_1$ = Nivel de protección

$$D_1= W*N*S*Y$$

Factores de riesgo potencial ( $P$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ )

$e$ = *factor de plantas*

$q$ = *factor carga calorífica*

*i*= factor de propagación

*g*= factor de geometría

*v*= factor de ventilación

*z*= factor acceso

Factores de riesgo admisible (*A*, *A*<sub>1</sub>, *A*<sub>2</sub>)

1,6 = valor máximo de *A*

*a*= factor activación

*c*= factor de contenido

*d*= factor de dependencia

*r*= factor de ambiente

*t*= tiempo de evacuación

Factores del nivel de protección (*D*, *D*<sub>1</sub>, *D*<sub>2</sub>)

*W*= factor recursos de agua

*N*= factor protección normal

*S*= factor protección especial

*F*= factor resistencia al fuego

*U*= factor de escape

*Y*= factor de salvamento

El método proporciona un valor *R*<sub>0</sub> de orientación general y un valor de *F*<sub>0</sub> de resistencia al fuego de la estructura.

La formulación y elección de variantes y propuesta de medidas de protección, se encuentra definida en una hoja de cálculo \*.xls.

Identificación del edificio:	Taller Ferroviario
Ubicación :	La sagrera
Dirección	c/ Estivill, 47
Ciudad- País	Barcelona

Identificación del compartimiento y del uso / actividades presentes

Nave central del taller de reparación de reparación de trenes
---

Autor del calculo

Oscar Álvarez García
----------------------

Fecha del análisis

21 de marzo de 2009
---------------------

Descripción del concepto de la seguridad contra incendios del caso de referencia.

Situación actual antes de aplicar mejoras contra incendios
--

Descripción del concepto de la seguridad contra incendios de la variante 1.

Mejoras: salidas emergencia, iluminación emergencia, pulsadores, bies, sirenas, exutorios y sectorización con dependencias técnicas
---

Descripción del concepto de la seguridad contra incendios de la variante .

Variable 1 + detectores+ rociadores
-------------------------------------

Riesgo para:		Referencia	Variante 1	Variante 2
Bienes	<b>R</b>	1,79	1,28	0,42
Personas	<b>R1</b>	0,86	0,21	0,08
Actividades	<b>R2</b>	12,73	9,65	2,03
Hacia INFO P		P- REF	P- V1	P-V2
Riesgo Potencial	<b>P</b>	2,02	1,69	1,69
	<b>P1</b>	0,96	0,81	0,81
	<b>P2</b>	2,32	1,95	1,95
Hacia INFO A		A-REF	A-V1	A-V2
Riesgo Admisible	<b>A</b>	1,04	1,04	1,04
	<b>A1</b>	1,14	1,14	1,14
	<b>A2</b>	0,25	0,25	0,25
Hacia INFO D		D-REF	D-V1	D-V2
Nivel de Protección	<b>D</b>	1,09	1,27	3,90
	<b>D1</b>	0,98	3,34	8,85
	<b>D2</b>	0,74	0,82	3,89
	<b>Fo</b>	2,04		

Valor de Orientación Ro, Riesgo Inicial

0,95

Concepto de protección contra incendios ,

basado en el valor Ro del **bastante una protección manual** caso de referencia

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes		Caso de referencia		
Calculo del Riesgo Potencial		Situación actual antes de aplicar mejoras contra incendios		Hacia INICIO		
DATOS	Símbolo	Unidad		Resultado	Comentarios	
<b>Factor de carga calorífica q.</b>						
Carga calorífica inmobiliaria	Qi	MJ/m²	A. construcción totalmente incombustible, como hormigón o acero.	0	0	
Carga calorífica mobiliaria	Qm	MJ/m²	Definido por el usuario	0	134,84	
<b>El valor calculado de q es=</b>				<b>q</b>	<b>=</b>	<b>0,87</b>
<b>Factor de propagación i.</b>						
Aumento de temperatura	T	INFO P	e. Para máquinas, aparatos electrodomésticos, etc. ( 300°C )	300	306	
Dimensión media del contenido	m	INFO P	Defina m: véase info P o entra valor en columna )	0,40	0	
Reacción al fuego de las superficies	M	INFO P	B según EN13501-1 o EN12845 Cat. I : materiales poco combustibles	1	1	
<b>El valor calculado de i es=</b>				<b>i</b>	<b>=</b>	<b>0,84</b>
<b>Factor de superficie g</b>						
Longitud teórica	L	m	Determina la distancia la mas larga entre dos centros de las paredes del compartimento. Esta distancia es la longitud teórica L.		212	
Superficie al suelo total	Atot	m²	Luego determina la superficie al suelo total del compartimento		9427	
Anchura equivalente	b	m	Divide esta área por la longitud teórica para obtener la anchura equivalente b.		44,4669811	
Camino lateral			Edificio accesible en su lado largo	largo		
<b>El valor calculado de g es=</b>				<b>g</b>	<b>=</b>	<b>2,09</b>
<b>Factor de ventilación v.</b>						
Carga calorífica mobiliaria	Qm	MJ/m²	Esta introducido aquí el valor de Qm, la carga calorífica mobiliaria.		134,84	
PASO 1: altura entre suelo y el techo	h	m	Determina la altura h en metros entre el suelo y el techo.		7,1	
coeficiente de ventilación	k	Fija el coeficiente de ventilación k de la siguiente manera:				
	PASO 2	m²	Observa todas las ventanas, vidrios sencillos, translúcidos plásticos y otros en el techo y en el tercio superior de las paredes. Indica la superficie total de estos.		62,1	
	PASO 3	m²	Indica la superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos		0	
		Nm³/h	Fija la capacidad de sistemas de extracción mecánica de humos en Nm³/h.		0	
		m²	Superficie total de compartimento	9427	ratio	
			coeficiente de ventilación k, calculado con estos valores o estimación introducida.	k =	0,198%	
<b>El valor calculado de v es=</b>				<b>v</b>	<b>=</b>	<b>0,98</b>
<b>Factor de plantas e</b>						
Planta	E		Para galerías y pisos intermedios se puede añadir una fracción decimal		-1	
<b>El factor de plantas e es:</b>				<b>e</b>	<b>=</b>	<b>1,22</b>
<b>Factor de acceso z</b>						
Numero de direcciones de acceso	Z		El numero de direcciones de acceso es Z ( de 1 hasta 4)		2	
Diferencia de altura	H	m	Diferencia de altura en metros (positiva o negativa)		-2,85	
	b		La anchura del compartimento ya quedó definido.		44	
<b>El valor calculado de z es=</b>				<b>z</b>	<b>=</b>	<b>1,10</b>
<b>Riesgos Potenciales</b>						
Factor de carga calorífica q.	q	0,87	Bienes (edificio y contenido)	P	2,02	
Factor de propagación i.	i	0,84	Personas (ocupantes)	P1	0,96	
Factor de superficie g	g	2,09	Actividades	P2	2,32	
Factor de plantas e	e	1,22				
Factor de ventilación v.	v	0,98				
Factor de acceso z	z	1,10				
					Fecha del análisis	
					21 de marzo de 2009	

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes		Caso de referencia	
Cálculo del Riesgo Admisible			Situación actual antes de aplicar mejoras contra incendios		Hacia INICIO
DATA	Símbolo	Unidad			Resultado
Comentarios					
<b>Factor de activación</b>					
DEFINA todos las situaciones aplicables					
Actividades principales	a1		A2. Industria de productos incombustibles (EN 12845 Clase OH1)	0	0
Sistemas de calefacción (procesos y lugares)	a2		E2. Transmisión del calor por sólidos o por agua.	0	0
	a3		F1. Generador en un local cortafuego	0	0
	a4		G2. Fuente de energía: gas	0,1	0,1
Instalaciones eléctricas	a5		I1. Conforme y con inspección regular	0	0
Riesgos de explosión	a6		Z. No aplicable	0	0
Riesgo de polvo	a7		K0. No aplicable	0	0
Actividades secundarias	a8		Trabajos secundarios de soldadura	si	0,1
	a9		Trabajo mecánico secundario de madera o de plásticos	si	0,1
Uso de productos inflamables	a10		N1. En un lugar separado con ventilación adecuada	0,05	0,05
Otros	a11		Riesgos particulares, p.e. fumadores incontrolables	no	0
			<b>INFO A</b> El valor del factor de activación a es:	a	= 0,35
<b>Factor del tiempo de evacuación</b>					
	b	m	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)		44,466981
	L	m	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)		212
Numero de ocupantes	X	Pers./m <sup>2</sup>	Número total de personas en el compartimento, definida por el usuario	m	50
Total de las unidades de paso	x	#	x es la cantidad de unidades de paso. La anchura efectiva de un paso es 60 cm, (comprobar norma y condiciones locales)	2	25
Salidas al aire libre	O		Número de salidas (puertas y escaleras) que llegan al aire libre	2	2
Rutas de salida DISTINTAS	K	#	Número calculado de rutas de salida distintas	4	8
Coefficiente de movilidad	p		<b>INFO A</b> A. Personas móviles e independientes (p.e. Adultos, obreros)	1	1
			Personas con capacidad de percepción limitada	no	0
			Hay un plan de evacuación claro:	si	0
			Existe peligro de pánico	no	0
			<b>INFO A</b>		p = 1
Longitud equivalente de la ruta vertical			Basado en el valor de H+ o H- indicado al factor z (riesgo potencial)		-2,85
		segundos	Tiempo de salida calculado (FRAME)	95,32	5,7
RSET		segundos	Tiempo de salida definido con software de simulación de evacuaciones	5,00	
			<b>Factor del tiempo de evacuación</b>	t	= 0,01
<b>Factor del contenido</b>					
Importancia funcional	c1		b. un contenido difícilmente sustituible	0,1	0,1
Valor absoluto del 'contenido'			Valor actual en millones de MONEDA (p.e. EUR, USD, ARS, MXN...)	18,0 millones	EUR
Índice del costo de construcción			Índice nacional del costo de construcción al momento de la evaluación.	1	
Corrección por inflación			Índice nacional del costo de construcción en 2000	1	18,00
Tipo de cambio		EUR	1 MONEDA = x.yz EURO	1,00	
Valor de referencia			Valor en EURO, con el tipo de cambio y corregido por la inflación		18,00
Factor valor monetario	c2				0,10
			<b>Factor del contenido</b>	c	= 0,20
<b>Factor del ambiente</b>					
	Qi		Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)		0
	M		Valor ya indicado al factor i (riesgo potencial)		1
			<b>Factor del ambiente</b>	r	= 0,10
<b>Factor de dependencia</b>					
valor añadido / la cifra de ventas	d		<b>INFO A</b> a. Industria de alta tecnología; (e.g. construcción de aviones); 0.7 hasta 0.9	0,8	0
			<b>Factor de dependencia</b>	d	= 0,8
<b>Riesgos admisibles</b>					
El Riesgo Admisible es :					
Factor de activación	a	0,35	Para el patrimonio A = 1.6 - a - t - c =	A	1,04
Factor del tiempo de evacuación	t	0,01	Para las personas A1 = 1.6 - a - t - r =	A1	1,14
Factor del contenido	c	0,20	Para las actividades A2 = 1.6 - a - c - d =	A2	0,25
Factor del ambiente	r	0,10	<b>CUIDADO</b> : Un valor de A o A1 o A2 inferior a 0.2 o tal vez negativo, indica una situación totalmente inaceptable.		
Factor de dependencia	d	0,80	<b>CAMBIA</b> a, t, c, r o d antes de continuar.		
					Fecha del análisis
					21 de marzo de 2009

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes				Caso de referencia	
Cálculo del Nivel de Protección D			Situación actual antes de aplicar mejoras contra incendios			Hacia INICIO	
DATA	Símbolo	Unidad				Resultado	Comentarios
<b>Factor de los recursos de agua</b>							
Tipo de reserva de agua	w1		3. No hay reserva de agua para extinción	10		10	
Reserva de agua		m³	Cantidad estimada de agua disponible para la lucha contra el fuego	0	m³		
		m³	Cantidad requerida para la extinción del incendio	33,71	m³		
	w2		Cantidad disponible como % de lo requerido	0%	4	0	
Red de distribución							
Diámetro nominal de la tubería principal		mm	Ninguno o < DIA80	flujo	0		
Redes cercadas?			si	total m³/h	0		
	w3		Capacidad de suministro de la red de distribución	NINGUNA		6	
conexiones (hidrantes)		m	perímetro del compartimento( = 2 * (b+L))	512,9339623	m		
		#	número de conexiones de 70 mm	0			
		#	Número de conexiones de 80 mm	0			
		#	Número de conexiones de 110 mm	2			Hidrantes efectivos red municipal
			Número equivalente de conexiones de 70 mm	6			
	w4		Distancia promedia entre conexiones al perímetro del compartimento	85,49		1	
presión estática en la red		m	Altura del piso H+ o H- + altura del techo	4,25			
			presión estática en la red requerida	3,925	bar		
	w5	bar	Presión estática disponible en la red	5	bar	0	
				w	=	17	
			<b>Factor de los recursos de agua</b>	W	=	0,42	
<b>Factor de protección normal</b>							
Descubrimiento	n1		Una ocupación continua y/o un servicio de guardia	si		0	video vigilancia
señalización			Hay un sistema manual de aviso del incendio: red de teléfonos, pulsadores ...	no		2	no hay pulsadores
Aviso del incendio a los bomberos			Transmisión garantizada del aviso del incendio a los bomberos	si		0	Puesto de vigilancia
Alarma interior			Hay una señal de alarma interior a los usuarios del edificio	no		2	
Extintores	n2		1. Los extintores son adecuados (tipo y cantidad)	0		0	
Bocas y mangueras adecuadas	n3		2. La cantidad o el lugar de las bocas de incendio es insuficiente.	2		2	
Tiempo de llegada de los bomberos	n4		1. Primera llegada en menos de 10 min.	0		0	
Formación propia	n5		2. Hay solamente un equipo de primer intervención	2		2	Formación epis
				n	=	8	
			<b>Factor de protección normal</b>	N	=	0,66	
<b>Factor de protección especial</b>							
Detección automática	s1		Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control.	no			no hay detectores ni pulsadores
			Ninguno	0		0	
			con supervisión de los circuitos electrónicos	no		0	
			con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto)	no		0	
Recursos en agua mejorados	s2		Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo)	no		0	
	s3		Reserva de agua destinada a la extinción de incendios	si		2	Suministrada por la red de la ciudad
Control de la reserva de agua	s4		Reserva de agua independiente ( = en propiedad)	no		0	
Alimentación energética (presión/ flujo)	s5		2.Recurso de alta fiabilidad: con alimentación doble	5		5	Alimentación red pública
Protección por rociadores	s6		Ninguna	0		0	
Otra protección automática	s7		Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no		0	
Parque de bomberos respondiendo	s8		1. Bomberos profesionales presentes 24h/24 7d/7	8		8	
Bomberos de empresa	s9		No hay bomberos de empresa	0		0	
				s	=	15	
			<b>Factor de protección especial</b>	S	=	2,08	

Factor de la resistencia al fuego						
Estructura /compartimentación	fs	min.	Resistencia al fuego media de la estructura y de los elementos separativos (REI)	120	min.	120
muros exteriores	ff	min.	Resistencia al fuego media de los muros exteriores ( E )	120	min.	120
techo	fd	min.	Resistencia al fuego media del techo (RE)	120	min.	120
Paredes interiores	fw	min.	Resistencia al fuego media de las paredes interiores (EI)	0	min.	0
Promedio ponderado de la resistencia al fuego				f	=	105
Resistencia al fuego inicial (estabilidad estructural)				Fo	=	2,04
<b>Factor de la resistencia al fuego</b>				<b>F</b>	=	<b>1,88</b>
Factor de escape						
Detección automática	u1		<i>Algunos datos ya son indicados al factor S</i>			
			Ninguno	0	Véase a S	0
			con supervisión de los circuitos electrónicos	no	Véase a S	0
			con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto)	no	Véase a S	0
			Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas	no		0
			información simultánea de max. 300 personas	no		0
			Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicos de emergencia.)	no		0
Subcompartimentación	u2		Ninguna	0		0
Rutas de salida verticales	u3		1. Escaleras interiores abiertas	0		0
Salidas horizontales			No se puede evacuar a un compartimento vecino	0		0
Señalización y alumbrado			Señalización y alumbrado completo de los recorridos	no		0
Rociadores ?	u4		Ninguna	0		0
Otra sistema automático	u5		Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no	Véase a S	0
control de humos y calor	u6		Sistema para el control de humo accionado por la detección automática	no		0
Parque de bomberos respondiendo	u7		1. Bomberos profesionales presentes 24h/24 7d/7	8	Véase a S	8
Bomberos de empresa	u8		No hay bomberos de empresa	0	Véase a S	0
<b>Factor de escape</b>				<b>u</b>	=	<b>8</b>
				<b>U</b>	=	<b>1,48</b>
Factor de salvamento						
Subcompartimentación	yi		Ninguna	0		0
<b>PROTECCIÓN FISICA</b>						
Detección automática	yi		detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades	no		0
Rociadores ?			Rociadores locales para equipo critico	no		0
Otra sistema automático	yi		Otra sistema automático para equipo critico ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no		0
<b>ORGANIZACIÓN</b>						
FINANCIERO	yi		Datos financieros y económicos protegidos	si		2
EQUIPOS	yi		Repuestos protegidos	no		0
REPARACIONES	yi		Reparaciones inmediatas posibles con medios propios	no		0
TRASLADO DE ACTIVIDAD			Traslado inmediato de la actividad posible	no		0
COOPERACION	yi		Acuerdos de cooperación con otras empresas	si		3
CENTROS DE PRODUCCIÓN	yi		Distribución de la actividad en varios centros de producción	no		0
<b>Factor de salvamento</b>				<b>y</b>	=	<b>5</b>
				<b>Y</b>	=	<b>1,28</b>
Niveles de protección D						
Factor de los recursos de agua	W	0,42	Niveles de Protección para :			
Factor de protección normal	N	0,66	Bienes (edificio y contenido)	D	1,09	Fecha del análisis 21 de marzo de 2009
Factor de protección especial	S	2,08	Personas (ocupantes)	D1	0,98	
Factor de la resistencia al fuego	F	1,88	Actividades	D2	0,74	
Factor de escape	U	1,48				
Factor de salvamento	Y	1,28				

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes				variante 1				
Calculo del Riesgo Potencial		Mejoras: salidas emergencia, iluminación emergencia, pulsadores, bies, sirenas, exutorios y sectorización con dependencias técnicas				Hacia INICIO				
DATOS	Símbolo	Unidad	P - REF	MODIFICAR LOS DATOS	VALORES NUEVOS	Cambiar ?	Variante 1	Comentarios		
<b>Factor de carga calorífica q.</b>										
Carga calorífica inmobiliaria	Qi	MJ/m <sup>2</sup>	0	A. construcción totalmente incombustible, como hormigón o acero.	0	0	0,00	no	0	
Carga calorífica mobiliaria	Qm	MJ/m <sup>2</sup>	134,84	Definido por el usuario	0	134,84	134,84	no	134,84	
0,87 El valor calculado de q es=					q	=	0,87		0,87	
<b>Factor de propagación i.</b>										
Aumento de temperatura	T	Info P	300	e. Para máquinas, aparatos electrodomésticos, etc. ( 300°C )	300	306	300	no	300	
Dimensión media del contenido	m	Info P	0,40	Defina m: véase info P o entra valor en columna )	0,95	0,4	0,40	no	0,40	
Reacción al fuego de las superficies	M	Info P	1	B según EN13501-1 o EN12845 Cat. I : materiales poco combustibles	1		1	no	1,00	
0,84 El valor calculado de i es=					i	=	0,84		0,84	
<b>Factor de superficie g</b>										
Longitud teórica	L	m	212	Determina la distancia la mas larga entre dos centros de las paredes del compartimento. Esta distancia es la longitud teórica L.		212	212	no	212,00	
Superficie al suelo total	Atot	m <sup>2</sup>	9427	Luego determina la superficie al suelo total del compartimento		8713,71	8713,71	si	8713,71	La sectorización implica una reducción del sector
Anchura equivalente	b	m	44,46698	Divide esta área por la longitud teórica para obtener la anchura equivalente b.		41,102406		no	44,47	
Camino lateral		largo	Info P	Edificio accesible en su lado largo	largo		largo	no	largo	Lado largo más favorable
2,09 El valor calculado de g es=					g	=	4,13		2,09	
<b>Factor de ventilación v.</b>										
Carga calorífica mobiliaria	Qm	MJ/m <sup>2</sup>	134,84	Esta introducido aquí el valor de Qm, la carga calorífica mobiliaria.			134,84	no	134,84	
PASO 1: altura entre suelo y el techo	h	m	7,1	Determina la altura h en metros entre el suelo y el techo.		7,1	7,1	no	7,10	
coeficiente de ventilación	k	m <sup>2</sup>	18,63	Observa todas las ventanas, vidrios sencillos, translúcidos plásticos y otros en el techo y en el tercio superior de las paredes. Indica la superficie total de estos.		62,1	18,63	no	18,63	
PASO 2	m <sup>2</sup>	0		Indica la superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos		100	100	si	100,00	Instalación de 50 exutorios de 2m2/ud
PASO 3	m <sup>2</sup>	0		Fija la capacidad de sistemas de extracción mecánica de humos en Nm <sup>3</sup> /h.	m <sup>3</sup> /h	0	0	no	0,00	
	m <sup>2</sup>	9427		Superficie total de compartimento	8714	ratio	0,014	si	0,014	
	k	0,002		coeficiente de ventilación k, calculado con estos valores o estimación introducida.	k =		0%	no	0,002	
		Info P	0,98	coeficiente de ventilación efectivo			1%		0,014	
0,86 El valor calculado de v es=					v	=	0,86		0,86	
<b>Factor de plantas e</b>										
Planta	E		-1	Para galerías y pisos intermedios se puede añadir una fracción decimal		-1	-1,00	no	-1,00	1er semisotano
1,22 El factor de plantas e es:					e	=	1,22		1,22	
<b>Factor de acceso z</b>										
Numero de direcciones de acceso	Z		2	El numero de direcciones de acceso es Z ( de 1 hasta 4)		3	3	si	3,00	Construcción escalera c/Felip II
Diferencia de altura	H	m	-2,85	Diferencia de altura en metros (positiva o negativa)		-2,85	-2,85	no	-2,85	Bajo rasante
	b		44	La anchura del compartimento ya quedó definido.			41			
1,10 El valor calculado de z es=					z	=	1,05		1,05	
<b>Riesgos Potenciales</b>										
Factor de carga calorífica q.	q	0,87	Valores de los Riesgos Potenciales para:			variante 1				
Factor de propagación i.	i	0,84	Bienes (edificio y contenido)			P	1,69	Fecha del análisis		
Factor de superficie g	g	2,09	Personas (ocupantes)			P1	0,81	21 de marzo de 2009		
Factor de plantas e	e	1,22	Actividades			P2	1,95			
Factor de ventilación v.	v	0,86								
Factor de acceso z	z	1,05								

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de trenes				variant 1		
Cálculo del Riesgo Admisible		Mejoras: salidas emergencia, iluminación emergencia, pulsadores, bies, sirenas, exutorios y sectorización con dependencias técnicas				Hacia INICIO		
DATA	Símbolo	Unidad	A - REF	MODIFICAR LOS DATOS	VALORES NUEVOS	Cambiar ?	Variante 1	
Factor de activación								
DEFINA todos las situaciones aplicables								
Actividades principales	ai		0	A2. Industria de productos incombustibles (EN 12845 Clase OH1)	0	no	0	
Sistemas de calefacción	ai		0	E2. Transmisión del calor por sólidos o por agua.	0	no	0	
(procesos y lugares)	ai		0	F1. Generador en un local cortafuego	0	no	0	
Instalaciones eléctricas	ai		0,1	G2. Fuente de energía: gas	0,1	no	0,1	
Riesgos de explosión	ai		0	H1. Conforme y con inspección regular	0	no	0	
Riesgo de polvo	ai		0	Z. No aplicable	0	no	0	
Actividades secundarias	ai		0,1	K0. No aplicable	0	no	0	
	ai		0,1	Trabajos secundarios de soldadura	si	no	0,1	
Uso de productos inflamables	ai		0,05	Trabajo mecánico secundario de madera o de plásticos	si	no	0,1	
Otros	ai		0	N1. En un lugar separado con ventilación adecuada	0,05	no	0,05	
	ai		0	Riesgos particulares, p.e. fumadores incontrolables	no	no	0	
		INFO A	0,35	El valor del factor de activación a es:	a =	0,35	0,35	
Factor del tiempo de evacuación								
	b	m	44,467	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)	44,466981	no	44,466981	
	L	m	212	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)	212	no	212	
Numero de ocupantes	X	Pers./m²	50	Número total de personas en el compartimento, definida por el usuario	0	si	200	
Total de las unidades de paso	x	#	2	x es la cantidad de unidades de paso. La anchura efectiva de un paso es 60 cm, (comprobar norma y condiciones locales)	5	si	40	
Salidas al aire libre	O		2	Número de salidas (puertas y escaleras) que llegan al aire libre	5	si	4	
Rutas de salida DISTINTAS	K	#	2	Número calculado de rutas de salida distintas	3	si	3	
Coefficiente de movilidad	p	INFO A	1	A. Personas móviles e independientes (p.e. Adultos, obreros)	1	no	1	
			0	Personas con capacidad de percepción limitada	no	no	0	
			0	Hay un plan de evacuación claro:	si	no	0	
			0	Existe peligro de pánico	no	no	0	
		INFO A	1		p =	1	1	
Longitud equivalente de la ruta vertical			5,7	Basado en el valor de H+ o H- indicado al factor z (riesgo potencial)	-2,85	no	5,7	
		segundos	95,32	Tiempo de salida calculado (FRAME)	59,10			
RSET		segundos	5,00	Tiempo de salida definido con software de simulación de evacuaciones	5,00			
			0,13	Factor del tiempo de evacuación	t =	0,01	0,01	
Factor del contenido								
Importancia funcional	c1		0,1	b. un contenido difícilmente sustituible	0,1	no	0,1	
Valor absoluto del 'contenido'		EUR	18	Valor actual en millones de MONEDA (p.e. EUR, USD, ARS, MXN...)	18,0 millones	EUR		
Índice del costo de construcción			1	Índice nacional del costo de construcción al momento de la evaluación.	1			
Corrección por inflación			1	Índice nacional del costo de construcción en 2000	1			
Tipo de cambio			1	MONEDA = x.yz EURO	0,50			
Valor de referencia			18,00	Valor en EURO, con el tipo de cambio y corregido por la inflación	1,00	no	18,00	
Factor valor monetario	c2		0,10		0,10		0,10	
			0,20		0	c =	0,20	
Factor del ambiente								
	Qi		0	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)		no	0	
	M		1	Valor ya indicado al factor i (riesgo potencial)		no	1	
			0,10	Factor del ambiente	r =	0,10	0,10	
Factor de dependencia								
valor añadido / la cifra de ventas	d	INFO A	0,8	a. Industria de alta tecnología: (e.g. construcción de aviones): 0.7 hasta 0.9	0,8	no	0,8	
			0,8	Factor de dependencia	d =	0,8	0,80	
Riesgos admisibles								
Factor de activación	a	0,35	El Riesgo Admisible es :				Fecha del análisis	
Factor del tiempo de evacuación	t	0,01	Para el patrimonio A = 1.6 - a - t - c =				21 de marzo de 2009	
Factor del contenido	c	0,20	Para las personas A1 = 1.6 - a - t - r =					
Factor del ambiente	r	0,10	Para las actividades A2 = 1.6 - a - c - d =					
Factor de dependencia	d	0,80	CUIDADO : Un valor de A o A1 o A2 inferior a 0.2 o tal vez negativo, indica una situación totalmente inaceptable.					
			CAMBIA a, t, c, r o d antes de continuar.					

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes				variante 1				
Cálculo del Nivel de Protección D		Mejoras: salidas emergencia, iluminación emergencia, pulsadores, bies, sirenas, exutorios y sectorización con dependencias técnicas				Hacia INICIO				
DATA	Símbolo	Unidad	D -REF	MODIFICAR LOS DATOS	VALORES	Cambiar ?	Variante 1	Comentarios		
					NUEVOS					
<b>Factor de los recursos de agua</b>										
Tipo de reserva de agua	w1		10	3. No hay reserva de agua para extinción	10		10	no	10	
Reserva de agua		m³	0	Cantidad estimada de agua disponible para la lucha contra el fuego	0	m³				
		m³	33,71	Cantidad requerida para la extinción del incendio	33,71	m³				
	w2		0	Cantidad disponible como % de lo requerido	0%		4	0	no	0
Red de distribución										
Diámetro nominal de la tubería principal		mm	0	Ninguno o < DIA80	flow capacity		0			
Redes cercadas?			0	si	total m³/h		0			
conexiones (hidrantes)	w3	m	512,934	6 Capacidad de suministro de la red de distribución	NINGUNA		6	no	6	
		#	0	perímetro del compartimento( = 2 * (b+L))	506.2048113	m				
		#	0	número de conexiones de 70 mm	0					
		#	0	Número de conexiones de 80 mm	0					
		#	2	Número de conexiones de 110 mm	3					Hidrantes efectivos red municipal
		#	6	Número equivalente de conexiones de 70 mm	9		9			
	w4	m	1	1 Distancia promedio entre conexiones al perímetro del compartimento	56.24497904	m		1	no	1
			4,25	Altura del piso H+ o H- + altura del techo	4,25					
presión estática en la red		m	3,925	presión estática en la red requerida	3,925	bar				
	w5	bar	5	Presión estática disponible en la red	5	bar		0	no	0
			17		W	=	17			17
			0,42	Factor de los recursos de agua	W	=	0,42			0,42
<b>Factor de protección normal</b>										
Descubrimiento				Una ocupación continua y/o un servicio de guardia	si		0			video vigilancia
señalización				Hay un sistema manual de aviso del incendio: red de teléfonos, pulsadores ...	si		0			instalacion de pulsadores
Aviso del incendio a los bomberos				Transmisión garantizada del aviso del incendio a los bomberos	si		0			Puesto de vigilancia
Alarma interior				Hay una señal de alarma interior a los usuarios del edificio	si		0			Instalación de sirenas
Descubrimiento y señalización	n1		4	Sistema de descubrimiento y señalización modificado			0	no	4	
Extintores	n2		0	1. Los extintores son adecuados (tipo y cantidad)			0	no	0	
Bocas y mangueras adecuadas	n3		2	1. Las bocas de incendio son adecuadas			0	si	0	1 cada 25mts ampliación D25
Tiempo de llegada de los bomberos	n4		0	1. Primera llegada en menos de 10 min.			0	no	0	
Formación propia	n5		2	2. Hay solamente un equipo de primer intervención			2	no	2	Formación epis
			8		n	=	2			6
			0,66	Factor de protección normal	N	=	0,90			0,74
<b>Factor de protección especial</b>										
Detección automática	s1			Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control.	si					Pulsadores a centralita
			0	Ninguno			0			
			0	con supervisión de los circuitos electrónicos	si		0			
			0	con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto)	si		0			
Recursos en agua mejorados	s2		0	Reserva de agua inagotable ( 4 veces el mínimo)	no		0			
	s3		2	Reserva de agua destinada a la extinción de incendios	si		2			Suministrada por la red de la ciudad
Control de la reserva de agua	s4		0	Reserva de agua independiente (= en propiedad)	no		0			
Alimentación energética (presión/ flujo)	s5		5	2 Recurso de alta fiabilidad: con alimentación doble			5			Alimentación red pública
Protección por rociadores	s6		0	Ninguna			0			
Otra protección automática	s7		0	Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no		0			
Parque de bomberos respondiendo	s8		8	1. Bomberos profesionales presentes 24h/24 7d/7			8			
Bomberos de empresa	s9		0	No hay bomberos de empresa			0			
			15	PROTECCIÓN ESPECIAL MODIFICADA ?????	s	=	15	no	15	
			2,08	Factor de protección especial	S	=	2,08			2,08

Factor de la resistencia al fuego									
Estructura /compartimentación	fs	min.	120	Resistencia al fuego media de la estructura y de los elementos separativos (REI)	120	min.	120		
muros exteriores	ff	min.	120	Resistencia al fuego media de los muros exteriores ( E )	120	min.	120		
techo	fd	min.	120	Resistencia al fuego media del techo (RE)	120	min.	120		
Paredes interiores	fw	min.	0	Resistencia al fuego media de las paredes interiores (EI)	120	min.	120		salas técnicas compartimentadas
			105	Promedio ponderado de la resistencia al fuego MODIFICADO	f	=	120	si	120
			2,04	Resistencia al fuego inicial (estabilidad estructural) MODIFICADA	Fo	=	2,04	si	2,04
			1,88	Factor de la resistencia al fuego	F	=	1,99		1,99
Factor de escape									
Detección automática	u1			Algunos datos ya son indicados al factor S					
			0	Ninguno	0	Véase a S	0		
			0	con supervisión de los circuitos electrónicos	si	Véase a S	0		
			0	con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto)	si	Véase a S	0		
			0	Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas	si		2		Detección salas técnicas
			0	información simultánea de max. 300 personas	si		2		Sirenas de evacuación
			0	Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicos de emergencia.)	no		0		
Subcompartimentación	u2		0	2. Compartimentación EI60min de max. 1000 m2 por zona	4		4		Todas las salas técnicas
Rutas de salida verticales	u3		0	7. Escalera(s) interior(es) y mas que 1 escalera exterior	8		8		cons. 2 esc. Protegidas + adecuar 3 salidas
Salidas horizontales			0	No se puede evacuar a un compartimento vecino	0		0		
señalización y alumbrado			0	Señalización y alumbrado completo de los recorridos	si		4		Ampliación lux según RSCIEI
Rociadores ?	u4		0	Ninguna	0		0		
Otra sistema automático	u5		0	Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no	Véase a S	0		
control de humos y calor	u6		0	Smoke venting actuated by automatic detection	si		3		Instalación de exutorios
Parque de bomberos respondiendo	u7		8	1. Bomberos profesionales presentes 24h/24 7d/7	8	Véase a S	8		
Bomberos de empresa	u8		0	No hay bomberos de empresa	0	Véase a S	0		
			8	PROTECCIÓN DE ESCAPE MODIFICADA ?????	u	=	31	si	31
			1,48	Factor de escape	U	=	4,54		4,54
Factor de salvamento									
Subcompartimentación	y1		0	2. Compartimentación EI60min de max. 1000 m2 por zona	4		4		
				PROTECCIÓN FISICA					
Detección automática	y2		0	detección parcial en zona de alto riesgo para la actividades	si		2		detectores salas técnicas
Rociadores ?			0	Rociadores locales para equipo crítico	no		0		
Otra sistema automático			0	Resistencia al fuego inicial (estabilidad estructural) MODIFICADA	no		0		
				ORGANIZACIÓN					
FINANCIERO	y3		2	Datos financieros y económicos protegidos	si		2		sistema SAP
EQUIPOS			0	Repuestos protegidos	no		0		
REPARACIONES			0	Reparaciones inmediatas posibles con medios propios	no		0		
TRASLADO DE ACTIVIDAD			0	Traslado inmediato de la actividad posible	no		0		
COOPERACION			3	Acuerdos de cooperación con otras empresas	si		3		Empresas externas
CENTROS DE PRODUCCIÓN			0	Distribución de la actividad en varios centros de producción	no		0		
			5	PROTECCIÓN DE ACTIVIDADES MODIFICADA ?????	y	=	11	no	5
			1,28	Factor de salvamento	Y	=	1,71		1,28
Niveles de protección D									
Tipo de reserva de agua	W	0,42		Niveles de Protección para :	Variante 1				
Descubrimiento	N	0,74		Bienes (edificio y contenido)	D	1,27			Fecha del análisis
Factor de protección especial	S	2,08		Personas (ocupantes)	D1	3,34			21 de marzo de 2009
Factor de la resistencia al fuego	F	1,99		Actividades	D2	0,82			
Factor de escape	U	4,54							
Factor de salvamento	Y	1,28							

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes				variante 2			
Calculo del Riesgo Potencial		Variable 1 + detectores+ rociadores				Hacia INICIO			
DATOS	Símbolo	Unidad	P - REF	MODIFICAR LOS DATOS	VALORES NUEVOS	Cambiar?	Variante 2	Comentarios	
<b>Factor de carga calorífica q.</b>									
Carga calorífica inmobiliaria	Qi	MJ/m²	0	A. construcción totalmente incombustible, como hormigón o acero.	0	0	0	no	0
Carga calorífica mobiliaria	Qm	MJ/m²	134,84	Definido por el usuario	0	134,84	134,84	no	134,84
0,87 El valor calculado de q es=					q	=	0,87		0,87
<b>Factor de propagación i.</b>									
Aumento de temperatura	T	INFO P	300	e. Para máquinas, aparatos electrodomésticos, etc. ( 300°C )	300	0	0	no	300
Dimensión media del contenido	m	INFO P	0,40	Defina m: véase info P o entra valor en columna )	0,10	0	0,10	no	0,40
Reacción al fuego de las superficies	M	INFO P	1	B según EN13501-1 o EN12845 Cat. I : materiales poco combustibles	1	1	1	no	1,00
0,84 El valor calculado de i es=					i	=	1,20		0,84
<b>Factor de superficie g</b>									
Longitud teórica	L	m	212	Determina la distancia la mas larga entre dos centros de las paredes del compartimo. Esta distancia es la longitud teórica L.	212	212	212	no	212,00
Superficie al suelo total	Atot	m²	9427	Luego determina la superficie al suelo total del compartimento	8713,71	8713,71	8713,71	si	8713,71
Anchura equivalente	b	m	44,46698	Divide esta área por la longitud teórica para obtener la anchura equivalente b.	41,102406	41,102406	41,102406	no	44,47
Camino lateral	largo	INFO P	2,09	Edificio accesible en su lado largo	largo	largo	largo	no	largo
El valor calculado de g es=					g	=	4,13		2,09
<b>Factor de ventilación v.</b>									
Carga calorífica mobiliaria	Qm	MJ/m²	134,84	Esta introducido aquí el valor de Qm, la carga calorífica mobiliaria.	134,84	134,84	134,84	no	134,84
PASO 1: altura entre suelo y el techo	h	m	7,1	Determina la altura h en metros entre el suelo y el techo.	7,1	7,1	7,1	no	7,10
coeficiente de ventilación	k	m²	18,63	Observa todas las ventanas, vidrios sencillos, translúcidos plásticos y otros en el techo y en el tercio superior de las paredes. Indica la superficie total de estos.	62,1	18,63	18,63	no	18,63
PASO 2	m²	0	Indica la superficie aerodinámica de los sistemas de extracción natural de humos	100	100	100	si	100,00	Instalación de 50 exutorios de 2m2/ud
PASO 3	m²	0	Fija la capacidad de sistemas de extracción mecánica de humos en Nm³/h.	0	0	0	no	0,00	
	m²	9427	Superficie total de compartimento	8714	ratio	0,014	0,014	si	0,014
	k	0,002	coeficiente de ventilación k, calculado con estos valores o estimación introducida.	k =	0%	0%	no	0,002	
coeficiente de ventilación efectivo:						1%	1%		0,014
El valor calculado de v es=					v	=	0,86		0,86
<b>Factor de plantas e</b>									
Planta	E	-1	Para galerías y pisos intermedios se puede añadir una fracción decimal	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	no	-1,00
El factor de plantas e es:					e	=	1,22		1,22
<b>Factor de acceso z</b>									
Numero de direcciones de acceso	Z	2	El numero de direcciones de acceso es Z ( de 1 hasta 4)	3	3	3	si	3,00	Construcción escalera c/Felip II
Diferencia de altura	H	m	-2,85	Diferencia de altura en metros (positiva o negativa)	-2,85	-2,85	-2,85	no	-2,85
	b	44	La anchura del compartimento ya quedó definido.	41	41	41	41		
El valor calculado de z es=					z	=	1,05		1,05
<b>Riesgos Potenciales</b>									
Factor de carga calorífica q.	q	0,87	Valores de los Riesgos Potenciales para:		variante 2		Fecha del análisis 21 de marzo de 2009		
Factor de propagación i.	i	0,84	Bienes (edificio y contenido)		P	1,69			
Factor de superficie g	g	2,09	Personas (ocupantes)		P1	0,81			
Factor de plantas e	e	1,22	Actividades		P2	1,95			
Factor de ventilación v.	v	0,86							
Factor de acceso z	z	1,05							

Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes		variante 2		
Cálculo del Riesgo Admisible			Variable 1 + detectores+ rociadores			
DATA	Símbolo	Unidad	A - REF	MODIFICAR LOS DATOS	VALORES NUEVOS	Comentarios
<b>Factor de activación</b> DEFINA todos las situaciones aplicables						
Actividades principales	ai		0	A2. Industria de productos incombustibles (EN 12845 Clase OH1)	0	0 no 0
Sistemas de calefacción (procesos y lugares)	ai		0	E2. Transmisión del calor por sólidos o por agua.	0	0 no 0
	ai		0	F1. Generador en un local cortafuego	0	0 no 0
Instalaciones eléctricas	ai		0,1	G2. Fuente de energía: gas	0,1	0,1 no 0,1
Riesgos de explosión	ai		0	I1. Conforme y con inspección regular	0	0 no 0
Riesgo de polvo	ai		0	Z. No aplicable	0	0 no 0
Actividades secundarias	ai		0	K0. No aplicable	0	0 no 0
	ai		0,1	Trabajos secundarios de soldadura	si	0,1 no 0,1
	ai		0,1	Trabajo mecánico secundario de madera o de plásticos	si	0,1 no 0,1
Uso de productos inflamables	ai		0,05	N1. En un lugar separado con ventilación adecuada	0,05	0,05 no 0,05
Otros	ai		0	Riesgos particulares, p.e. fumadores incontrolables	no	0 no 0
		INFO A	0,35	El valor del factor de activación a es:	a =	0,35 0,35
<b>Factor del tiempo de evacuación</b>						
	b	m	44,467	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)	44,466981	no 44,466981
	L	m	212	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)	212	no 212
Numero de ocupantes	X	Pers./m²	50	Número total de personas en el compartimento, definida por el usuario	m 50	50 no 50
Total de las unidades de paso	x	#	2	x es la cantidad de unidades de paso. La anchura efectiva de un paso es 80 cm, (comprobar norma y condiciones locales)	5 10	5 si 5
Salidas al aire libre	O		2	Número de salidas (puertas y escaleras) que llegan al aire libre	5 paths: 4	si 4
Rutas de salida DISTINTAS	K	#	2	Número calculado de rutas de salida distintas	12 gives: 4	no 2
Coefficiente de movilidad	p	INFO A	1	A. Personas móviles e independientes (p.e. Adultos obreros)	1	1 no 1
			0	Personas con capacidad de percepción limitada	no	0 no 0
			0	Hay un plan de evacuación claro:	yes	0 no 0
			0	Existe peligro de pánico	no	0 no 0
			1		p =	1 1
Longitud equivalente de la ruta vertical			0	Basado en el valor de H+ o H- indicado al factor z (riesgo potencial)	-2,85 5,7	no 0
RSET		segundos	95,32	Tiempo de salida calculado (FRAME)	86,80	
		segundos	5,00	Tiempo de salida definido con software de simulación de evacuaciones	5,00	
			0,01	Factor del tiempo de evacuación	t =	0,01 no 0,01
<b>Factor del contenido</b>						
Importancia funcional	c1		0,1	b. un contenido difícilmente sustituible	0,1	0,1 no 0,1
Valor absoluto del 'contenido'		EUR	18	Valor actual en millones de MONEDA (p.e. EUR, USD, ARS, MXN...)	18,00 millones	EUR no
Índice del costo de construcción			1	Índice nacional del costo de construcción al momento de la evaluación.	1	
Corrección por inflación			1	Índice nacional del costo de construcción en 2000	1 en 2000: 18,00	
Tipo de cambio			1	1 MONEDA = x.yz EURO	1,00 en EURO	EUR
Valor de referencia			18	Valor en EURO, con el tipo de cambio y corregido por la inflación	1,00	18,00
Factor valor monetario	c2		0,10		0,10	0,10
			0,20		0 c =	0,20 0,20
<b>Factor del ambiente</b>						
	Qi		0	Valor ya indicado al factor g (riesgo potencial)	0	no 0
	M		1	Valor ya indicado al factor i (riesgo potencial)	1	no 1,00
			0,10	Factor del ambiente	r =	0,10 0,10
<b>Factor de dependencia</b>						
valor añadido / la cifra de ventas	d	INFO A	0,8	a. Industria de alta tecnología: (e.g. construcción de aviones): 0.7 hasta 0.9	0,8 0	0,8 no
			0,8	Factor de dependencia	d =	0,8 0,80
<b>Riesgos admisibles</b>						
Factor de activación	a	0,35	El Riesgo Admisible es :			variant 2
Factor del tiempo de evacuación	t	0,01	Para el patrimonio A = 1.6 - a - t - c =			A 1,04
Factor del contenido	c	0,20	Para las personas A1 = 1.6 - a - t - r =			A1 1,14
Factor del ambiente	r	0,10	Para las actividades A2 = 1.6 - a - c - d =			A2 0,25
Factor de dependencia	d	0,80	CUIDADO : Un valor de A o A1 o A2 inferior a 0.2 o tal vez negativo, indica una situación totalmente inaceptable.			Fecha del análisis
			CAMBIA a, t, c, r o d antes de continuar.			21 de marzo de 2009

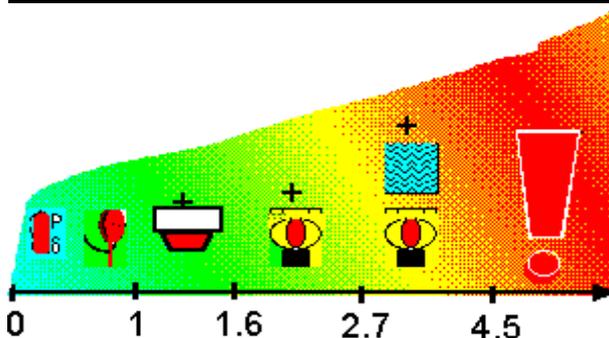
Taller Ferroviario		Nave central del taller de reparación de reparación de trenes				variante 2				
Cálculo del Nivel de Protección D		Variable 1 + detectores+ rociadores				Hacia INICIO				
DATA	Símbolo	Unidad	D -REF	MODIFICAR LOS DATOS	VALORES	Cambiar ?	Variante 2	Comentarios		
NUEVOS										
<b>Factor de los recursos de agua</b>										
Tipo de reserva de agua	w1		10	3. No hay reserva de agua para extinción	10		10	no	10	
Reserva de agua		m³	0	Cantidad estimada de agua disponible para la lucha contra el fuego	0	m³				
		m³	33,71	Cantidad requerida para la extinción del incendio	33,71	m³				
	w2		0	Cantidad disponible como % de lo requerido	0%		4	0	no	0
<b>Red de distribución</b>										
Diámetro nominal de la tubería principal		mm	0	DIA 80 (3")	flow capacity		34,3			
Redes cercadas?			0	si	total m³/h		68,6			
	w3		6	Capacidad de suministro de la red de distribución	ADECUADA			0	no	6
conexiones (hidrantes)		m		perímetro del compartimento( = 2 * (b+L))	506,2048113	m				
		#	0	número de conexiones de 70 mm	0					
		#	0	Número de conexiones de 80 mm	0					
		#	2	Número de conexiones de 110 mm	3					Hidrantes efectivos red municipal
		#	6	Número equivalente de conexiones de 70 mm	9			9		
	w4		1	Distancia promedio entre conexiones al perímetro del compartimento	56,24497904			1	no	1
presión estática en la red		m	4,25	Altura del piso H+ o H- + altura del techo	4,25					
			3,925	presión estática en la red requerida	3,925					
	w5	bar	5	Presión estática disponible en la red	5	bar		0	no	0
			17		w			11		17
			0,42	Factor de los recursos de agua	W			0,57		0,42
<b>Factor de protección normal</b>										
Descubrimiento				Una ocupación continua y/o un servicio de guardia	si			0		video vigilancia
señalización				Hay un sistema manual de aviso del incendio: red de teléfonos, pulsadores ...	si			0		instalación de pulsadores
Aviso del incendio a los bomberos				Transmisión garantizada del aviso del incendio a los bomberos	si			0		Puesto de vigilancia
Alarma interior				Hay una señal de alarma interior a los usuarios del edificio	si			0		Instalación de sirenas
Descubrimiento y señalización	n1		4	Sistema de descubrimiento y señalización modificado				0	no	4
Extintores	n2		0	1. Los extintores son adecuados (tipo y cantidad)	0			0	si	0
Bocas y mangueras adecuadas	n3		2	1. Las bocas de incendio son adecuadas	0			0	si	0
Tiempo de llegada de los bomberos	n4		0	1. Primera llegada en menos de 10 min.	0			0	no	0
Formación propia	n5		2	2. Hay solamente un equipo de primer intervención	2			2	no	2
			8		n			2		6
			0,66	Factor de protección normal	N			0,90		0,74
<b>Factor de protección especial</b>										
Detección automática	s1			Transmisión garantizada de la señal de detección a los bomberos, directamente o por medio de una sala de control.	si					
			0	3. por detector de humos o llamas	8			8		instalación detectores
			0	con supervisión de los circuitos electrónicos	si			2		conexión con centralita
			0	con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto)	si			2		
Recursos en agua mejorados	s2		0	Reserva de agua inagotable (4 veces el mínimo)	no			0		
	s3		2	Reserva de agua destinada a la extinción de incendios	si			2		Suministrada por la red de la ciudad
Control de la reserva de agua	s4		0	Reserva de agua independiente (= en propiedad)	no			0		
Alimentación energética (presión/ flujo)	s5		5	2.Recurso de alta fiabilidad: con alimentación doble	5			5		Alimentación red pública
Protección por rociadores	s6		0	2. Rociadores con recurso de agua independiente	14			14		
Otra protección automática	s7		0	Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no			0		
Parque de bomberos respondiendo	s8		8	1. Bomberos profesionales presentes 24h/24 7d/7	8			8		
Bomberos de empresa	s9		0	No hay bomberos de empresa	0			0		
			15	PROTECCIÓN ESPECIAL MODIFICADA ????	s			41	si	41
			2,08	Factor de protección especial	S			7,39		7,39

Factor de la resistencia al fuego									
Estructura /compartimentación	fs	min.	120	Resistencia al fuego media de la estructura y de los elementos separativos (REI)	120	min.	120		
muros exteriores	ff	min.	120	Resistencia al fuego media de los muros exteriores ( E )	120	min.	120		
techo	fd	min.	120	Resistencia al fuego media del techo (RE)	120	min.	120		
Paredes interiores	fw	min.	0	Resistencia al fuego media de las paredes interiores (EI)	120	min.	120		salas técnicas compartimentadas
			105	Promedio ponderado de la resistencia al fuego MODIFICADA	f	=	120	si	120
			2,04	Resistencia al fuego inicial (estabilidad estructural) MODIFICADA	Fo	=	2,04	si	2,04
			1,88	Factor de la resistencia al fuego	F	=	1,72		1,72
Factor de escape									
Detección automática	u1			<i>Algunos datos ya son indicados al factor S</i>					
			0	3. por detector de humos o llamas	8	Véase a S	8		
			0	con supervisión de los circuitos electrónicos	si	Véase a S	2		
			0	con identificación del detector o de una zona pequeña (cuarto)	si	Véase a S	2		
			0	Detección parcial en zona de alto riesgo para las personas	si		0		Detección salas técnicas
			0	información simultánea de max. 300 personas	si		2		sirenas de evacuación
			0	Sistema de alarma por voz (Sistemas electroacústicos de emergencia.)	no		0		
Subcompartimentación	u2		0	2. Compartimentación E160min de max. 1000 m2 por zona	4		4		Todas las salas técnicas
Rutas de salida verticales	u3		0	7. Escalera(s) interior(es) y mas que 1 escalera exterior	8		8		cons. 2 esc. Protegidas + adecuar 3 salidas
Salidas horizontales			0	No se puede evacuar a un compartimento vecino	0		0		
señalización y alumbrado			0	señalización y alumbrado completo de los recorridos	si		4		Ampliación lux según RSCIEI
Rociadores ?	u4		0	2. Rociadores en todo el edificio	10		10		
Otra sistema automático	u5		0	Otros sistemas de extinción automáticas ( espuma, polvo, CO2, gas inerte)	no	Véase a S	0		
control de humos y calor	u6		0	Smoke venting actuated by automatic detection	si		3		Instalación de exutorios
Parque de bomberos respondiendo	u7		8	1. Bomberos profesionales presentes 24h/24 7d/7	8	Véase a S	8		
Bomberos de empresa	u8		0	No hay bomberos de empresa	0	Véase a S	0		
			8	PROTECCIÓN DE ESCAPE MODIFICADA ?????	u	=	51	si	51
			1,48	Factor de escape	U	=	12,04		12,04
Factor de salvamento									
Subcompartimentación	y1		0	2. Compartimentación E160min de max. 1000 m2 por zona	4		4		
				PROTECCIÓN FISICA					
Detección automática	y2		0	detección parcial en zona de alto riesgo para las actividades	si		0		detectores en salas técnicas
Rociadores ?			0	Rociadores locales para equipo crítico	si		0		Rociadores
Otra sistema automático			0	Resistencia al fuego inicial (estabilidad estructural) MODIFICADA	si		2		Agua nebulizada
				ORGANIZACIÓN					
FINANCIERO	y3		2	Datos financieros y económicos protegidos	si		2		sistema SAP
EQUIPOS			0	Repuestos protegidos	no		0		
REPARACIONES			0	Reparaciones inmediatas posibles con medios propios	no		0		
TRASLADO DE ACTIVIDAD			0	Traslado inmediato de la actividad posible	no		0		
COOPERACION			3	Acuerdos de cooperación con otras empresas	si		3		Empresas externas
CENTROS DE PRODUCCIÓN			0	Distribución de la actividad en varios centros de producción	no		0		
			5	PROTECCIÓN DE ACTIVIDADES MODIFICADA ?????	y	=	11	si	11
			1,28	Factor de salvamento	Y	=	1,71		1,71
Niveles de protección D									
Tipo de reserva de agua	W	0,42		Niveles de Protección para :	Variante 2				
Descubrimiento	N	0,74		Bienes (edificio y contenido)	D	3,90			Fecha del análisis
Factor de protección especial	S	7,39		Personas (ocupantes)	D1	8,85			
Factor de la resistencia al fuego	F	1,72		Actividades	D2	3,89			
Factor de escape	U	12,04							21 de marzo de 2009
Factor de salvamento	Y	1,71							

### 7.6.3. Medidas de protección

En la evaluación del riesgo de las condiciones actuales, obtenemos un valor total de riesgo de incendio de  $R_0 = 0,95$ .

$R_0$	
0	basta una protección manual
1	sistema automático de detección y alarma
1,6	proteger con un sistema de rociadores
2,7	rociadores con recursos de agua de alta calidad
4,5	Demasiado peligroso: reducir el riesgo



El método nos aconseja una protección manual, extintores o hidrantes. La industria estaría suficientemente protegida.

Esta primera evaluación desglosa sus resultados en riesgo para:

Bienes:  $R = 1,79$

Personas  $R_1 = 0,86$

Actividades  $R_2 = 7,82$

Siendo el riesgo aceptable para las personas, el riesgo para los bienes y la actividad es  $>1$  siendo para estos conceptos inaceptables.

En la variable 1, se incorporan las correcciones indicadas en el RSCIEI y la OMPCI; mejoras en la evacuación, iluminación de emergencia, pulsadores, bies, sirenas y sectorización con dependencias técnicas.

Los resultados obtenidos son:

Bienes:  $R = 1,28$

Personas  $R_1 = 0,21$

Actividades  $R_2= 5,92$

Las medidas favorecen notablemente al riesgo para las personas pero no acaba de reducir dentro de los límites aceptables para los bienes y las actividades.

En la variable 2 se añaden detectores y rociadores obteniendo:

Bienes:  $R= 0,42$

Personas  $R_1= 0,08$

Actividades  $R_2= 1,13$

La incorporación de rociadores anula el riesgo para personas y permite que el riesgo para los bienes este dentro de límite permitido. El riesgo para la actividad, si bien no esta dentro del parámetro recomendado  $<1$ , si puede considerar como óptimo.

Una destrucción de 6 trenes de los 34 disponibles en la línea 1 del metro de Barcelona, ocasionaría una repercusión al transporte ferroviario de la ciudad de Barcelona importante, ya que no existe reposición de estos trenes por ser la línea 1 de ancho ibérico, no compatibles con los trenes del resto de líneas. La frecuencia de paso se vería notablemente afectada con un tiempo de reposición de no menos de 2 años.

## 8. CONCLUSIONES

El cuadro resumen siguiente, indica los factores que evalúa cada método:

	GRETENER	PURT	MESERI	INTRINSICO	F.R.A.M.E.
Salidas de evacuación	●	●	●	●	●
Ocupación	●	●	●	●	●
Resistencia estructura	●	●	●	●	●
Sectorización de células	●	●	●	●	●
Dimensión del sector	●	●	●	●	●
Iluminación y señalización	●	●	●	●	●
Extracción/ventilación humos	●	●	●	●	●
Disposición Bomberos	●	●	●	●	●
Protección bienes	●	●	●	●	●
Protección personas	●	●	●	●	●
Protección actividad	●	●	●	●	●
Propone alternativas de protección	●	●	●	●	●
Normativo	●	●	●	●	●

El método intrínseco es el que especifica la normativa vigente para establecimientos industriales. Este método, busca como objetivo principal el salvamento de las personas expresándolo en la necesidad de salidas de evacuación.

Como puede observarse, el método intrínseco y FRAME son los únicos que tiene en consideración el factor evacuación.

El método intrínseco, no indica directamente la presencia de cuerpo de bomberos, pero esta necesidad está expresada indirectamente con la presencia de hidrantes.

	ESTADO ACTUAL	GRETENER	PURT	MESERI	INTRINSECO	F.R.A.M.E.
Superficie max. Sector	●	●	●	●	●	●
Salidas de evacuación	●	●	●	●	●	●
Señalización y iluminación	●	●	●	●	●	●
Sistema de evacuación de humos	●	●	●	●	●	●
Detectores	●	●	●	●	●	●
Sistema manual de alarma	●	●	●	●	●	●
Comunicación de alarma	●	●	●	●	●	●
BIES	●	●	●	●	●	●
Columna seca	●	●	●	●	●	●
Rociadores	●	●	●	●	●	●
Resistencia al estructura	●					
Resistencia al fuego cerramientos	●					
Extintores	●					
Hidrantes	●					

En el cuadro Anterior se indica los requerimientos obtenidos de cada uno de los métodos estudiados.

El método intrínseco obliga a reducir la superficie del sector por la características constructivas. Es una opción no factible para la actividad estudiada ya que los trenes delimitan el espacio.

Todos los métodos indican la necesidad de la instalación de Bocas de Incendio Equipadas.

FRAME, en el tanteo inicial, proporciona un valor del riesgo inicial positivo donde indica que basta con una protección manual. Si se estudia los tres valores que estudia, el valor para las personal es suficiente, para los bienes no es adecuado y requiere una instalación de rociadores, sin embargo, para la actividad, debido a la repercusión que tiene la pérdida para la ciudad de Barcelona, el valor esta es inaceptable instruyendo todas las protecciones posibles.

Entendiendo que para el tipo de riesgo estudiado, un taller de reparación de coches ferroviarios, donde la carga de fuego es muy reducida, la principal medida de protección contra incendios debería ser de tipo pasiva; evacuación de las personas. Gretener, purt y Meseri no consideran estas medidas, y si bien FRAME es un método muy completo donde intervienen un sin fin de variables, no se puede permitir que como consideración inicial indique que con una protección manual sea suficiente.

**Se considera que el riesgo intrínseco es el más adecuado para este tipo de establecimientos basados en una gran nave central, aunque no es**

***posible cumplir la reglamentación en cuanto a superficie máxima de sector. Será necesaria aplicar medidas alternativas para compensar los 3.500m<sup>2</sup> de más que tiene el sector; por ejemplo la instalación de exutorios.***

Los planos de propuesta, indica las medidas reales tomadas, que son las requeridas por RSCIEI, intrínseco más medidas compensatorias:

- Construcción de nuevas salidas de emergencia
- Adecuación de las salidas de emergencia actuales
- Sectorización de las salas técnicas
- Redistribución de los recorridos de evacuación
- Adecuación de la instalación de BIES
- Instalación de pulsadores de alarma conectada a centralita
- Instalación de detección en salas técnicas
- Instalación de exutorios
- Instalación de centralita de alarma

## 9. EVALUACIÓN DE COSTES

Se realiza la valoración de costes resultantes de aplicar las medidas requeridas por el método de Intrínseco más las medidas compensatorias.

1. Obra civil.....	151.892,55€
Derribos	14.264€
a. Cimentación .....	1.046,61€
b. Obras de acondicionamiento .....	59.088,34€
c. Escaleras .....	11.238,31€
d. Puertas, ventanas, compuertas y rejas.....	43.873,86€
e. Pintado pasillo de evacuación.....	6.974,70€
f. Contingencias obra civil .....	15.406,49€
2. Instalaciones.....	238.229,03€
a. Instalaciones de protección contra incendios .....	62.348,64€
b. Instalaciones eléctricas .....	47.731,71€
c. Instalación de extracción de humos.....	106.239,83€
d. Contingencias instalaciones.....	21.908,85€
3. Servicios afectados.....	20.911,78€
4. Medios auxiliares .....	24.769,50€
5. Estudio de seguridad y salud.....	6.765,23€
<b>Precio ejecución material .....</b>	<b>442.568,09€</b>
13,00% Gastos Generales .....	57.533,85€
6,00% Beneficio Industrial.....	26.554,09€

**Precio ejecución contrata.....526.656,03€**

El importe de las medidas aplicadas sería inviable para un empresa de ámbito privado.

Soportar este tipo de inversión, para una empresa en funcionamiento, o es muy rentable o, como es el caso, es de capital semipúblico.

## 10. BIBLIOGRAFIA

La normativa vigente en materia de protección contra incendios aplicable a este establecimiento es el siguiente:

- *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. RSCIEI*
- *Ordenança Reguladora de les Condicions de Protecció Contra Incendis, aprovada pel Plenari del Consell Municipal del Ajuntament de Barcelona en sessió de 29 de Febrer de 2008. ORCPI-08*
- *Decret 241/1994, de 26 de juliol, sobre condicionants urbanístics i de protecció contra incendis en els edificis, complementaris de la NBE-CPI/91 (DOGC 1954 de 30.9.1994, correcció d'errades DOGC 2005, DE 30.1.1995)*
- *Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. RIPCI*
- *ITC MIE-APQ 1: «ALMACENAMIENTO DE LÍQUIDOS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES»*
- *Documento Básico del Código técnico de la Edificación: DB SI - Seguridad en caso de incendio*
- *Documento Básico del Código técnico de la Edificación: DB SU – Seguridad de utilización*

La documentación no normativa consultada es el siguiente:

- *Método Simplificado de Evaluación de Riesgo de Incendio: MESERI. Fundación MAPFRE*
- *Evaluación del riesgo de incendio. Método de cálculo. GREENER, Max. Cepreven. Madrid, 1991.*
- *NTP 36: Riesgo intrínseco de incendio (I). VILLANUEVA MUÑOZ, José Luís. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, 1983*

- *NTP 100: Evaluación del riesgo de incendio. Método de Gustav Purt. VILLANUEVA MUÑOZ, José Luís. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, 1984.*
- *Método de FRAME: FIRE Risk Assessment Meted for Engineering.*

## 11. PLANOS

00 Emplazamiento y situación. Planta hidrantes.	1/1000, 1/5000, 1/2500
01 Estado actual - Ocupación y sectores – Planta sótano	1/200
02 Estado actual – Ocupación y sectores – Planta Baja y 1ª	1/200
03 Estado actual – secciones	1/200
04 Estado actual – Recorridos evacuación, bies, extintores e iluminación emergencia	1/200
05 Actuación – sectores – planta sótano	1/200
06 Actuación – sectores – planta baja y 1ª	1/200
07 Actuación – exutorios – planta y sección	1/200
08 Actuación – Planta sótano. Evacuación, bies, extintores e iluminación de emergencia	1/200
09 Actuación – Planta baja y 1A. Evacuación, bies, extintores e iluminación de emergencia	1/200