

ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE UNA NAVE DE TIPO AGROINDUSTRIAL.

ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA.

15 sep. 2016

AUTOR:

DANIEL DÍAZ COMINO

TUTOR:

Vicente Samuel Fuertes Miquel

COTUTOR/ES:

Manuel Luis Romero García

Borja García López

Resumen / Resum / Abstract

Un incendio, es una ocurrencia de fuego no controlada que en ocasiones puede ser devastador y repercutir en innumerables pérdidas y riesgo para las personas, por esto es importante que la instalación de protección contra incendios no se encuentre fuera de servicio o parcialmente en funcionamiento.

Estas instalaciones son especiales a diferencia del resto de instalaciones (instalación eléctrica, red de agua potable, saneamiento,...), ya que este sistema estará únicamente instalado con la intención de que no sea necesario utilizarlo, pues implicaría que existe un incendio.

El mantenimiento en estas instalaciones deberá tener una gran importancia, pues con ello se conseguirá siempre tener operativa y a punto la instalación para utilizarla en cualquier momento. Esto lo llevaremos a cabo realizando revisiones periódicas oportunas según la normativa que lo especifique.

El riesgo y la amenaza puede aparecer en cualquier momento, por causas muy variadas: provocados intencionalmente, mal manejo de los materiales inflamables, problemas en instalaciones eléctricas, descuidos, manejo de combustibles y líquidos inflamables. Estar prevenido debe ser el primer objetivo a tener en cuenta ante cualquier riesgo.

Por todo lo anterior, surge la idea de elaborar un trabajo en el que se aborde este tema, tomando como objetivo principal del trabajo una nave actualmente en construcción de tipo agroalimentario, en la que se diseñarán los espacios con la finalidad de cumplir todas las peculiaridades que exija la norma que le sea de aplicación. Se diseñarán también todos los elementos de lucha contra incendios que sean necesarios y que en su conjunto formarán la protección activa.

En cuanto a la estructura, se verificará analíticamente el cumplimiento de resistencia al fuego mediante distintos métodos de reconocido prestigio, y se estudiará la afección de los distintos materiales que existen en el mercado para mejorar la resistencia al fuego. Con todo ello se llevará a cabo una simulación con software específico en situación de incendios, y se analizará el avance del fuego en el tiempo.

Valorar económicamente el coste del conjunto de la instalación es parte importante de este trabajo, ya que de esta forma se conocerá la viabilidad de la instalación contra incendios y poder optar en posteriores proyectos a un mejor diseño o método que implique un menor coste.

Palabras clave: incendio, estructura, protección activa y pasiva, evacuación, cámaras de congelados

Un incendi, es una idea de foc no controlada que en ocasions pot ser devastador i repercutir en innumerables perdudess i risc per a les persones, per aço es important que l'instal·lació de protecció contra incendis no se trobe fora de servici o parcialment en funcionament.

Aquestes instal·lacions son especials a diferencia de la resta d'instal·lacions (instal·lació elèctrica, xàrcia d'aigua potable, sanejament,...), ja que aquest sistema es trobarà únicament instal·lat amb l'intenció de que no siga necessari utilitzar-ho, puix implicaria que existix un incendi.

El manteniment en aquestes instal·lacions deurà tindre una gran importancia, puix en aixó s'aconseguirà sempre tindre operativa i a punt l'instal·lació per a utilitzar-la en qualsevol moment. Aixó ho portarem a la fi realitzant revisions periòdiques oportunes segons la normativa que ho especifique.

El risc i l'amença pot apareixer en qualsevol moment, per causes molt variades: provocats intencionalment, mal maneig dels materials inflamables, problemes en instal·lacions elèctriques, descuits, maneig de combustibles i líquids inflamables. Estar prevenint deu ser el primer objectiu a tindre en compte davant qualsevol risc.

Per tot l'anterior, sorgix l'idea d'elaborar un treball en el que s'aborde aquest tema, prenent com objectiu principal del treball una nau actualment en construcció de tipus agroalimentari, en la que es dissenyarà els espais amb la finalitat de complir totes les peculiaritats que exigisca la norma que li siga d'aplicació. Es dissenyarà també tots els elements de lluita contra incendis que siguen necessaris i que en el seu conjunt formarà la protecció activa.

En quant a l'estructura, es verificarà analíticament el compliment de la resistència al foc mitjançant diferents mètodes de reconegut prestigi, i s'estudiarà l'afecció dels diferents materials que existixen en el mercat per a millorar la resistència al foc. En tot això es portarà a cap una simulació en software específic en situació d'incendis, i s'analitzarà l'avanç del foc en el temps.

Valorar economicament el cost del conjunt de l'instal·lació es part fonamental d'aquest treball, ja que d'aquesta manera es coneixerà la viabilitat de l'instal·lació contra incendis i poder optar en posteriors projectes a un millor disseny o mètode que implique un menor cost.

Paraules clau: foc, estructura, protecció activa i passiva, evacuació, càmeres de congelat

A fire is an uncontrolled fire occurrence that sometimes can be devastating and affect countless losses and risk to people, so it is important that the fire protection installation is not out of service or partially operating.

These kind facilities are special in front of the other installations (electrical, potable water, sanitation, ...), because this system is only installed with the intention that it would not be necessary to use it, because the use of it would imply that there is a fire.

Maintaining these facilities must be very important, as this will imply to have always operational and ready the installation to use it at any time. This will take place by performing periodic reviews following the specified rules.

Risk and threat can appear at any time, for many causes: caused intentionally, mishandling of flammable materials, problems in electrical installations, oversights, and fuel handling flammable liquids. Be forewarned should be the first objective to be considered at any risk.

For all the above, the idea of preparing a work in which this issue is addressed, taking as the main objective of the work, an agri-food industrial unit currently under construction, in which all the spaces will be designed requiring all rules that should be apply to it. All the necessary elements of firefighting, and which together for will form the active protection will also be designed.

As for the structure, compliance with fire resistance is analytically verified by various methods with recognized prestige, and the condition of the different available materials in the market, to improve fire resistance will be studied. With all of that, we will take abroad a simulation with specific software in fire situations and the spread of the fire will be analyzed over time.

Economically assess the cost of the entire system is an important part of this work, because in this way the feasibility of the fire facilities installation will be known and it could opt for subsequent projects to a better design or method involving a lower cost.

Keywords: fire, structure, active and passive protection, evacuation, frozen cameras

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia y compañeros de la UPV el apoyo recibido a lo largo de este curso, tanto en ayudas, como en motivación para hacer cada día las cosas un poquito mejor, ya que sin ellos probablemente no hubiese logrados las metas y sueños que siempre me he propuesto; a mis tutores de la universidad Vicente y Manolo por su tiempo y dedicación, por esforzarse en resolver los problemas que se me podían plantear en este trabajo fin de master igual que si fuera suyo; a mi tutor en empresa Borja, agradecerle el tiempo que invirtió en que me formara y adquiriese la experiencia necesaria para abordar proyectos de todo tipo y darme la oportunidad de poder trabajar y dedicar mi tiempo en un proyecto real; por último quiero darle mis gracias a todos los profesores tanto de grado como de máster por su formación a lo largo de éstos años, y decirles que esto aquí no se acaba, y que seguiré esforzándome por aplicar todo lo que alguna vez me enseñaron.

...a todos vosotros, con mucho cariño

GRACIAS

Acrónimos

CTE: Código Técnico de la Edificación

ISO: International Organization for Standardization

RSCIEI: Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales

DB-SI: Documento básico seguridad en caso de incendio

PUR: Panel de espuma rígida de poliuretano

RIPCI: Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios

BIE: Boca de incendio equipada

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1. DATOS IDENTIFICACIÓN	13
1.1. TITULAR.NIF/CIF.....	13
1.2. ACTIVIDAD.....	13
1.3. LOCALIZACIÓN	13
2. ANTECEDENTES.....	13
3. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO.....	14
3.1. NORMATIVA URBANÍSTICA DE APLICACIÓN	14
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	15
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA.....	15
4.2. DATOS DE LA ACTIVIDAD.....	15
4.2.1. Descripción de la Actividad.....	15
4.2.2. Superficies.....	16

CAPITULO II. JUSTIFICACIÓN RSCIEI

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	21
1.1. OBJETO (ART.1).....	21
1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN (ART.2).....	21
1.3. COMPATIBILIDAD REGLAMENTARIA (ART.3)	21
2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	21
2.1. ESTABLECIMIENTO.....	21
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES POR SU CONFIGURACIÓN Y UBICACIÓN CON RELACIÓN A SU ENTORNO	22
2.3. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO.....	22
2.3.1. Cálculo del riesgo intrínseco de los sectores.....	22
2.3.2. Cálculo del riesgo intrínseco de cada edificio o conjunto de sectores y/o áreas de incendio.....	28
2.3.3. Cálculo riesgo intrínseco del establecimiento industrial.....	29
3. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	29
3.1. UBICACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS SECTORES.....	29
3.1.1. Justificación de la ubicación de los sectores de incendio como permitida, según anexo II, punto 1.....	29
3.1.2. Justificación de que la superficie construida de cada sector de incendio es admisible.....	29
3.2. MATERIALES	30
3.2.1. Justificación de la condición de reacción al fuego de los elementos constructivos	31
3.2.2. Adaptación de las clases de reacción al fuego.....	32
3.3. ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES.....	33
3.3.1. Sector 1.....	33
3.3.2. Sector 2.....	35
3.3.3. Sector 3.....	36
3.4. RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO	36
3.4.1. Medianeras	37
3.4.2. Cerramientos de sectorización.....	37
3.4.3. Cubiertas.....	38
3.4.4. Puertas de paso.....	38
3.4.5. Patinillos	39
3.5. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.....	39
3.5.1. Elementos de evacuación	40
3.5.2. Salidas.....	40

3.6.	VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN DE LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES	44
3.6.1.	Criterios generales de diseño	44
3.6.2.	Sector 1.....	46
3.6.3.	Sector 2.....	50
3.6.4.	Sector 3.....	50
3.7.	ALMACENAMIENTOS.....	51
3.7.1.	Requisitos del sistema de almacenaje en estanterías metálicas.....	51
3.7.2.	Requisitos sistema de almacenaje en estanterías metálicas operadas manualmente	52
3.8.	INSTALACIONES TÉCNICAS DE SERVICIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	52
3.9.	RIESGO FORESTAL	53
4.	REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	53
4.1.	SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS	53
4.1.1.	Sector 1.....	53
4.1.2.	Sector 2.....	53
4.1.3.	Sector 3.....	54
4.1.4.	Central de alarmas de control de detección de incendios.....	54
4.2.	SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO	54
4.2.1.	Pulsadores de alarma de incendio.....	55
4.2.2.	Sirena de alarma.....	55
4.3.	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA	56
4.4.	SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS.....	56
4.4.1.	Necesidades	56
4.5.	SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS.....	58
4.5.1.	Dimensionado de la instalación de BIEs.....	59
4.6.	SISTEMA DE COLUMNA SECA.....	65
4.7.	SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES.....	65
4.8.	SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS.....	66
4.8.1.	Necesidades	66
4.8.2.	Diseño de sistemas de rociadores	67
4.8.3.	Comprobación de las exigencias del sistema con Epanet.....	74
4.8.4.	Diseño de rociadores intermedios.....	80
4.8.5.	Grupo de bombeo	82
4.8.6.	Reserva de agua	84
4.9.	EXTINTORES DE INCENDIOS.....	84
4.10.	SISTEMA DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	87
4.10.1.	Alumbrado de emergencia de las vías de evacuación	87
4.10.2.	Alumbrado de emergencia	87
4.11.	SEÑALIZACIÓN	88
4.11.1.	Señalización de los medios de evacuación	88
4.11.2.	Señalización de las instalaciones de protección contra incendios.....	89

CAPITULO III. JUSTIFICACIÓN DB-SI

1.	OBJETO Y APLICACIÓN	93
2.	DATOS PROYECTO Y USOS.....	94
3.	PROPAGACIÓN INTERIOR.....	95
3.1.	COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO	95
3.1.1.	Sectores de incendio independientes.....	95
3.1.2.	Resistencia al fuego de paredes, techos y puertas	96
3.2.	LOCALES DE RIESGO ESPECIAL	97
3.2.1.	Condiciones de las zonas de riesgo especial.....	98
3.3.	ESPACIOS OCULTOS. PASO INSTALACIONES A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN DE INCENDIOS.....	98
3.4.	REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO.....	98
4.	PROPAGACIÓN EXTERIOR	99
4.1.	MEDIANERAS Y FACHADAS.....	99

4.2.	CUBIERTAS.....	99
5.	EVACUACIÓN DE OCUPANTES	100
5.1.	COMPATIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN	100
5.2.	CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN	100
5.3.	NÚMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	101
5.3.1.	Número de salidas de planta.....	102
5.4.	DIMENSIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN	102
5.4.1.	Cálculo	102
5.5.	PROTECCIÓN DE LAS ESCALERAS.....	103
5.5.1.	Características de las escaleras	103
5.6.	PUERTAS SITUADAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN.....	104
5.7.	SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN	104
5.8.	CONTROL DE HUMO DE INCENDIO	105
5.9.	EVACUACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN CASO DE INCENDIO	105
6.	INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	105
6.1.	DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	105
6.1.1.	Extintores portátiles	106
6.1.2.	Bocas de incendio.....	106
6.1.3.	Sistema de alarma	106
6.1.4.	Sistema de detección de incendio	106
6.2.	SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	106
7.	INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS	107
8.	RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA	107
8.1.	GENERALIDADES	107
8.2.	RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA	107
8.3.	ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES	108
8.4.	ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS.....	108
8.5.	DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES DURANTE EL INCENDIO	108
8.6.	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO	108
8.6.1.	Sector administrativo.....	109
9.	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	109
9.1.	DOTACIÓN	109
9.1.1.	Posición y características de las luminarias	110
9.1.2.	Características de la instalación.....	110

CAPITULO IV. SIMULACIÓN DE INCENDIOS

1.	MODELADO DE INCENDIOS.....	115
1.1.	INTRODUCCIÓN AL MODELADO DE INCENDIO	115
1.2.	DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN	115
1.3.	INTRODUCCIÓN DE DATOS EN CFAST.....	116
1.3.1.	Materiales constructivos. Propiedades térmicas.....	116
1.3.2.	Compartimentos	117
1.3.3.	Área de incendio	117
1.3.4.	Velocidad de liberación de calor (RHR).....	120
1.3.5.	Resultados de la simulación	125
2.	TIEMPOS DE EVACUACIÓN.....	137

CAPITULO V. VERIFICACIÓN ANALÍTICA DE RESISTENCIA AL FUEGO

1.	RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	143
1.1.	SOPORTES.....	143
1.1.1.	Curva normalizada tiempo-temperatura	143
1.1.2.	Tiempo equivalente de exposición al fuego	144
1.1.3.	Determinación de la temperatura del acero	148

1.1.4.	Temperatura crítica (eurocódigo 3).....	151
1.1.5.	Método simplificado (CTE).....	153
1.1.6.	Comprobaciones soportes metálicos.....	153
1.2.	VIGAS.....	170
1.2.1.	Método simplificado de cálculo.....	170
1.2.2.	Comprobaciones vigas metálicas.....	171
1.3.	FORJADOS.....	173
1.3.1.	Método CTE por tablas.....	173
1.3.2.	Comprobación losa alveolar.....	174

Pliego de condiciones

1.	PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS.....	177
1.1.	DISPOSICIONES GENERALES.....	177
1.1.1.	Definición y alcance del pliego de condiciones.....	177
1.1.2.	Documentos que definen las obras.....	177
1.2.	DISPOSICIONES FACULTATIVAS.....	177
1.2.1.	Delimitación general de funciones técnicas.....	177
1.2.2.	Recepción de la obra.....	182
1.2.3.	De los trabajos, los materiales y los medios auxiliares.....	183
1.3.	DISPOSICIONES ECONÓMICAS.....	186
1.3.1.	Medición de las unidades de obra.....	186
1.3.2.	Valoración de las unidades de obra.....	187
1.3.3.	Abonos del promotor al constructor a cuenta de la liquidación final.....	187
2.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	188
2.1.	CONTROL DE CALIDAD.....	188
2.1.1.	Materiales.....	188
2.1.2.	Aparatos.....	188
2.1.3.	Equipos.....	188
2.2.	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES. INSTALADORES AUTORIZADOS.....	190
2.3.	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.....	191
2.3.1.	Operaciones a realizar por el personal del titular de la instalación del equipo o sistema.....	191
2.4.	DOCUMENTACIÓN DE PUESTA EN MARCHA DE LAS INSTALACIONES.....	192
2.5.	REVISIONES E INSPECCIONES PERIÓDICAS.....	192
2.6.	MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES. MANTENEDORES AUTORIZADOS.....	193

Anexo A: Certificados materiales

Anexo B: Tablas Epanet

Anexo fotográfico

Presupuesto

Conclusiones

Equivalencias

Planos

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1. DATOS IDENTIFICACIÓN

1.1. TITULAR.NIF/CIF

CONGELADOS PICASSENT 2016, S.L

Parcela 41

Polígono Industrial “La Coma”

46220 – Picassent (Valencia)

CIF: B-85184653

Tel. +34 96 149 76 35

1.2. ACTIVIDAD

La actividad que se desarrollará en la nave agroindustrial a construir será la de almacén de productos congelados y sala de envasado de productos alimenticios, principalmente productos congelados del sector de la pesca y acuicultura.

1.3. LOCALIZACIÓN

Parcela 41, Pol. Ind. “La Coma”

Picassent (Valencia)

2. ANTECEDENTES

La sociedad CONGELADOS PICASSENT, S.L. es la propietaria de una parcela en el Polígono Industrial del municipio de Picassent (Valencia) en el sector de “La Coma”. En dicha parcela se pretende llevar a cabo la construcción de un almacén frigorífico de productos congelados y una sala de envasado de productos alimenticios.

Este trabajo atiende a la instalación de protección contra incendios tan solo de la primera fase que se va a ejecutar, y que constará de tres cámaras frigoríficas para la conservación de productos de congelados, una zona de muelle de recepción/expedición, un edificio de oficinas, control de almacén y sala de máquinas y una sala de envasado y etiquetado de productos alimenticios, así como las correspondientes salas técnicas para el desarrollo de la actividad.

La actividad a desarrollar en este edificio de tipo agroindustrial es la recepción, almacenamiento y expedición de productos alimenticios congelados, en ningún caso se realizará algún tipo de procesado, recibándose los productos ya manipulados y previamente congelados.

3. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

3.1. NORMATIVA URBANÍSTICA DE APLICACIÓN

Finca catastral	1170109YJ2517S0001FD
Coordenadas UTM	X = 720.950; Y = 4.356.870 (UTM 30 ED 50)
Calificación del suelo	Suelo Urbano
Calificación urbanística	Industrial Aislada (INA)
Uso dominante	Industrial
Usos compatibles y permitidos	<ul style="list-style-type: none"> - Talleres - Uso almacén - Uso comercial - Uso recreativo - Uso deportivo - Uso aparcamiento vehículos - Uso de infraestructuras - Uso administrativo – Institucional
Usos incompatibles	<ul style="list-style-type: none"> - Residencial en todas sus categorías (R) - Hotelero (HTO) - Equipamiento colectivo: <ul style="list-style-type: none"> o Asistencial (EAS) o Sanitario (ESA) o Religioso (ERE) o Funerario (EFU)
Normativa de aplicación	Plan Parcial SUZI-1 Plan General de Ordenación Urbana de Picassent

Tabla 1. Normativa urbanística de aplicación

Por lo tanto, los parámetros urbanísticos del PGOU y los de Proyecto son los que se reflejan en la tabla siguiente:

PARÁMETROS URBANÍSTICOS SECTOR SUZI-1 – P.I. “LA COMA”		
	PLAN PARCIAL	PROYECTO
Parcela mínima	1.500 m ²	10.937 m ²
Frente mínimo de parcela	20 m.	> 55 m.
Distancia mínima a lindes		
Linde frontal	5 m.	> 5 m.
Resto lindes	2,5 m.	> 3 m.
Coeficiente edificabilidad neta	1,33 m ² t/m ²	1,31 m ² t/m ²
Coeficiente ocupación	70 %	37,6 % (4.114 m ²)
Altura máxima reguladora	12 m.	justificado
Altura máxima total	16 m.	< 16 m.
Número de plantas	3	3 (PB+2 alturas)
Dotación aparcamiento	1 plaza/150 m ² construidos	36 plazas (5.392 m ² construidos)

Total superficie parcela donde se va a actuar: 6.370 m².

Tabla 2. Cumplimiento parámetros urbanísticos

En cuanto a la altura máxima reguladora y altura máxima total, cabe destacar lo siguiente:

- Las naves están sobreelevadas a una altura de 1,15m. de solera terminada de naves respecto al patio exterior. Esta cota de implantación de la solera terminada de naves es debida a que por la propia operatividad del muelle de recepción/expedición, es necesaria dicha altura para la carga y descarga de mercancías de camiones.
- La altura de la estructura de soportación es de 12m, hasta cabeza de pilar donde apoya la subestructura de cubierta formada por una cercha de perfiles metálicos y correas de soportación de cubierta.
- La altura libre interior de naves queda pues de 12m libres. Esta altura es necesaria para dotar de viabilidad económica a la implantación de un futuro almacenamiento de productos, ya que se pretende conseguir 5 niveles de almacenamiento, considerándose menos almacenamiento inviable para la implantación de la actividad.
- La altura máxima total hasta cumbrera de naves es de 15,82m., cota desde solera terminada de naves y tal como se recoge en los planos adjuntos.
- Por todo lo anterior, cabe destacar que la altura máxima total hasta cumbrera, queda de 16,40m. hasta la cota media en eje del vial de la fachada principal de las naves, y tal como se recoge en los planos adjuntos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se considera justificado el sobrepasar las alturas reguladas en el Plan Parcial SUZI-1 del Polígono Industrial de "La Coma", ya que de lo contrario no sería viable la implantación de una actividad de almacenamiento.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

La parcela es de tipo industrial en polígono urbanizado y con todos los suministros y servicios necesarios para el correcto funcionamiento de la actividad.

La parcela tiene una superficie total de 10.948m². Tiene una forma sensiblemente rectangular y actualmente se encuentra con un ligero desnivel y cubierta de capa vegetal.

En la primera fase que se va a ejecutar, el campo edificatorio ocupará aproximadamente una superficie de 4100 m², casi un 40% del total de la parcela.

4.2. DATOS DE LA ACTIVIDAD

4.2.1. Descripción de la Actividad

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, la actividad a desarrollar en la nave industrial será la de recepción de productos congelados, el almacenamiento de estos y posterior expedición de esos productos almacenados.

Las instalaciones, se componen de un modo general, de las siguientes zonas diferenciadas:

- Tres cámaras de almacenamiento frigorífico similares, a una temperatura de -20°C .
- Un muelle de expedición/recepción de productos congelados (zona refrigerada a una temperatura de régimen de unos $+10^{\circ}\text{C}$).
- Un recinto refrigerado a temperatura positiva para el envasado y etiquetado de productos de pescado en planta baja y planta primera.
- Un edificio de oficinas y administración, con planta baja más dos alturas.
- Un edificio destinado a cargabaterías en planta baja y sala de máquinas en planta primera.
- Diferentes salas técnicas.

La capacidad total de cada una de las cámaras frigoríficas es de 2.610 y 2.280 paletas según el tipo de cámara, en un sistema de almacenamiento con estanterías con bases móviles, y un total de 7.000 huecos en las tres cámaras.

En los planos de la instalación de protección contra incendios se puede ver la distribución de la planta con los diferentes recintos y locales que componen la actividad.

4.2.2. Superficies

A continuación se muestra a modo de tabla, las superficies de los diferentes locales que compondrán el centro logístico de almacenamiento de productos congelados:

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	ALTURA LIBRE
PLANTA BAJA		
Cámara 1	885,13	11,80
Cámara 2	791,19	11,80
Cámara 3	885,36	11,80
Muelle recepción/expedición	681,24	4,90
Envasados PB	311,07	4,90
Cargabaterías	111,55	4,90
Local PCI	9,00	3,80
Control almacén	85,33	4,90
Depósito libros	24,28	4,90
Cuarto técnico	3,56	variable
Distribuidor oficinas PB	65,26	4,90
Distribuidor vestuarios	11,65	3,50
Archivo control	8,28	3,50

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	ALTURA LIBRE
Sala espera	8,44	4,90
Vestuario masculino	15,15	3,50
Vestuario femenino	15,17	3,50
Vestuario camiones	8,99	3,50
Sala de descanso	18,20	3,50
Jefe de control	13,66	3,50
total planta baja	3.964,58	
PLANTA PRIMERA		
Envasados P1	211,24	5,90
Despacho 1	12,28	2,50
Despacho 2	12,25	2,50
Despacho 3	12,30	2,50
Despacho 4	12,18	2,50
Despacho 5	12,23	2,50
Despacho 6	12,29	2,50
Despacho 7	12,18	2,50
Aseo 1	7,32	2,50
Aseo 2	9,93	2,50
Distribuidor P1	31,38	2,50
Despacho gerencia	39,70	2,50
Aseo gerencia	3,94	2,50
Sala administración	102,90	2,50
Sala reunión	32,53	2,50
Sala SAI	9,65	2,50
Archivo P1	10,42	2,50
Sala descanso/comedor	25,88	2,90
Sala C.G.B.T	16,76	6,16
Sala máquinas	213,19	6,16

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	ALTURA LIBRE
total planta primera	800,55	
PLANTA SEGUNDA		
Aseo 3	7,32	2,50
Aseo 4	9,93	2,50
Distribuidor P2	21,22	2,50
Espacio alquiler	316,38	2,50
total planta segunda	354,85	
TOTAL SUPERFICIE ÚTIL	5.116,98	

TOTAL SUP. CONSTRUIDA	5.395,5 m²
SUPERF. TOTAL PARCELA	10.948,0 m²

Superficie	m ²	
Total superficie útil	5.125,58	
Total superficie construida	5395,5	
	Sup. Construida PB	4106,52
	Sup. Construida P1	890,56
	Sup. Construida P2	398,27
Total superficie parcela	10948,0	

Tabla 3. Superficies establecimiento industrial

CAPITULO II. JUSTIFICACIÓN RSCIEI

1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.1. OBJETO (art.1)

Este capítulo pretende establecer los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deberá cumplir el establecimiento e instalación de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes, de acuerdo con lo articulado en el Real Decreto 2267/2004 “Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales” y Real Decreto 1942/93 “Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios”.

1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN (art.2)

El establecimiento industrial objeto de este trabajo, pertenece al ámbito de aplicación del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (R.D. 2267/2004), ya que corresponde a una industria tal como se define en el artículo 3.1 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria; y también a un almacenamiento industrial.

1.3. COMPATIBILIDAD REGLAMENTARIA (art.3)

Según dicho artículo cuando en un mismo establecimiento coexistan con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad para los que sea de aplicación el “Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) del Código Técnico de la Edificación (CTE)”, cuando los mismos superen los límites indicados:

- Zona administrativa: Superficie construida superior a 250 m²

Los requisitos que deben satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa.

Para el caso que nos ocupa en este trabajo, al superar los 250 m² en la zona administrativa se requerirá la aplicación del DB-SI del CTE. Por lo que se tratará en otro capítulo la justificación de ésta zona.

2. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

2.1. ESTABLECIMIENTO

Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de este, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, destinado a ser utilizado bajo una misma titularidad y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES POR SU CONFIGURACIÓN Y UBICACIÓN CON RELACIÓN A SU ENTORNO

El establecimiento industrial que nos ocupa estará ubicado en un edificio Tipo C, dado que se trata de un edificio industrial que ocupa la totalidad de un edificio y está a una distancia mayor de 3 m. del edificio más próximo de otros establecimientos.

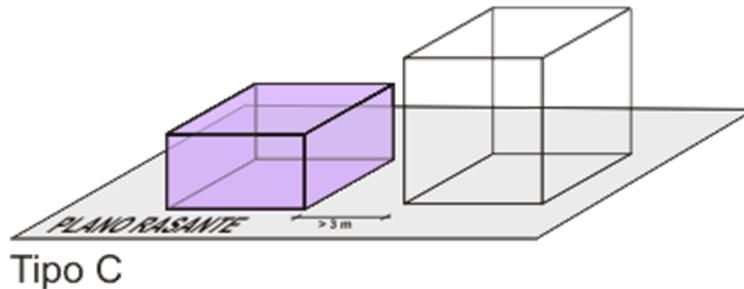


Ilustración 1. Establecimiento tipo C

2.3. CARACTERIZACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

2.3.1. Cálculo del riesgo intrínseco de los sectores

El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evalúa con la siguiente expresión:

$$Q_S = \frac{\sum_1^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \quad \text{en MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2$$

siendo

- Q_S densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².
- G_i masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).
- q_i poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- C_i coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- R_a coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.
- A superficie del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

Como alternativa a la fórmula anterior, se podrá utilizar las siguientes:

- a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_S = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \quad \text{en MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2$$

siendo

- Q_S densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².
- C_i coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- R_a coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.
- A superficie del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².
- q_{si} densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².
- S_{si} superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

- b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_S = \frac{\sum_1^i q_{vi} \cdot C_i \cdot h_i \cdot S_i}{A} \cdot R_a \quad \text{en MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2$$

siendo

- Q_S densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².
- C_i coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- R_a coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.
- A superficie del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².
- Q_{vi} carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.
- h_i altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.
- S_i superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

En un mismo sector pueden coexistir zonas de almacenamiento con zonas de producción, en ese caso, para calcular la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , del sector de incendio, se aplicará la siguiente expresión:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i + \sum_1^j q_{vj} \cdot C_j \cdot h_j \cdot S_j}{A} \cdot R_a \text{ en MJ/m}^2 \text{ o Mcal/m}^2$$

2.3.1.1. Sector 1

Se considerará “sector de incendio” el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Así pues se establece como SECTOR 1 de incendios, el comprendido por las cámaras 1, 2 y 3, el muelle de recepción/expedición y el cargabaterías como un sector independiente.

La superficie total construida de este sector de incendio, es de 3.434,8 m², superficie considerada para el cálculo (A).

Para la estimación de la carga de fuego aportada, se van a tomar tanto los coeficientes de peligrosidad (C_i) como el poder calorífico de los combustibles (q_{vi}) correspondientes a cada tipo de actividad desarrollada. Éstos los obtendremos de las tablas 1.1 y 1.2 del RSCIEI respectivamente. De la misma tabla 1.2 obtendremos el coeficiente adimensional (R_a).

Sector 1 A= 3434,8 m²

Actividad de producción, transformación o reparación						
Recinto	q_{si} (Mcal/m ²)	S_i	C_i	R_a	$q_s \cdot S \cdot C \cdot R_a$	
Muelle exp./recep.	240	545	1,3	2	340080	
Cargabaterías	144	89,24	1	1,5	19275,84	
Actividades de almacenamiento						
Recinto	q_{vi} (Mcal/m ³)	C_i	h_i	S_i	R_a	$q_v \cdot C \cdot h \cdot S \cdot R_a$
Cámara 1	89	1,0	10	731,5	1	651035
Cámara 2	89	1,0	10	648,47	1	577138
Cámara 3	89	1,0	10	726,3	1	646407

Tabla 4. Densidad carga de fuego sector 1

Siendo pues la superficie construida a considerar del sector industrial la señalada anteriormente se tiene que:

$$Q_s = \frac{340.080 + 19.275 + 651.035 + 577.138 + 646.407}{3.434,8} = 650,4 \text{ Mcal/m}^2$$

Evaluada la densidad de carga de fuego ponderada, y corregida del sector, el nivel de riesgo intrínseco del sector del edificio industrial, se deduce de la tabla siguiente:

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 \leq Q_s \leq 200$	$425 \leq Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 \leq Q_s \leq 300$	$850 \leq Q_s \leq 1275$
	4	$300 \leq Q_s \leq 400$	$1275 \leq Q_s \leq 1700$
	5	$400 \leq Q_s \leq 800$	$1700 \leq Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 \leq Q_s \leq 1600$	$3400 \leq Q_s \leq 6800$
	7	$1600 \leq Q_s \leq 3200$	$6800 \leq Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 5. Nivel riesgo intrínseco sector 1

Por tanto el riesgo intrínseco es de **nivel 5** correspondiente al **riesgo MEDIO**.

2.3.1.2. Sector 2

Se considera como otro sector independiente el compuesto por la sala de máquinas de la instalación de frío situado en la parte inmediatamente superior del cargabaterías, en planta primera.

La superficie total construida de este sector de incendio, es de 250 m², superficie considerada para el cálculo de A.

Sector 2

$$A = 250,0 \text{ m}^2$$

Actividad de producción, transformación o reparación						
Recinto	q _{si} (Mcal/m ²)	S _i	C _i	R _a	q _s ·S·C·R _a	
Sala de máquinas	144	225,04	1	1,5	48608,64	

Tabla 6. Densidad carga de fuego sector 2

$$Q_s = \frac{48.608,64}{250} = 194,4 \text{ Mcal/m}^2$$

Evaluada la densidad de carga de fuego ponderada, y corregida del sector, el nivel de riesgo intrínseco del sector del edificio industrial, se deduce de la tabla siguiente:

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 \leq Q_s \leq 200$	$425 \leq Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 \leq Q_s \leq 300$	$850 \leq Q_s \leq 1275$

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
	4	300 ≤ Q _S ≤ 400	1275 ≤ Q _S ≤ 1700
	5	400 ≤ Q _S ≤ 800	1700 ≤ Q _S ≤ 3400
ALTO	6	800 ≤ Q _S ≤ 1600	3400 ≤ Q _S ≤ 6800
	7	1600 ≤ Q _S ≤ 3200	6800 ≤ Q _S ≤ 13600
	8	3200 < Q _S	13600 < Q _S

Tabla 7. Nivel riesgo intrínseco sector 2

Por tanto el riesgo intrínseco es de **nivel 2** correspondiente al **riesgo BAJO**.

2.3.1.3. Sector 3

Se considera como otro sector independiente el compuesto por la sala de envasados de planta baja y la sala de envasados de la primera planta.

Los valores considerados se han tomado según la actividad a la que están destinados y son los mostrados a continuación:

Sector 3

$$A = 567,61 \text{ m}^2$$

Actividad de producción, transformación o reparación						
Recinto	q _{si} (Mcal/m ²)	S _i	C _i	R _a	q _S ·S·C·R _a	
Sala envasados PB	192	171,53	1,3	1,5	64220,83	
Sala envasados P1	192	125,12	1,3	1,5	46844,93	

Tabla 8. Densidad carga de fuego sector 3

Siendo pues la superficie a considerar del sector industrial la señalada anteriormente se tiene que:

$$Q_S = \frac{64.220 + 46.844}{567,61} = 195,7 \text{ Mcal/m}^2$$

Evaluada la densidad de carga de fuego ponderada, y corregida del sector, el nivel de riesgo intrínseco del sector del edificio industrial, se deduce de la tabla siguiente:

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
BAJO	1	Q _S ≤ 100	Q _S ≤ 425
	2	100 ≤ Q _S ≤ 200	425 ≤ Q _S ≤ 850
MEDIO	3	200 ≤ Q _S ≤ 300	850 ≤ Q _S ≤ 1275
	4	300 ≤ Q _S ≤ 400	1275 ≤ Q _S ≤ 1700

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
ALTO	5	$400 \leq Q_S \leq 800$	$1700 \leq Q_S \leq 3400$
	6	$800 \leq Q_S \leq 1600$	$3400 \leq Q_S \leq 6800$
	7	$1600 \leq Q_S \leq 3200$	$6800 \leq Q_S \leq 13600$
	8	$3200 < Q_S$	$13600 < Q_S$

Tabla 9. Nivel riesgo intrínseco sector 3

Por tanto el riesgo intrínseco es de **nivel 2** correspondiente al **riesgo BAJO**.

2.3.1.4. Sector 4

Este edificio, al tratarse de un edificio de oficinas, se justificará mediante el DB-SI del CTE, tal como se ha comentado en el apartado 1.3 de este mismo capítulo. Sin embargo, se acompaña un cálculo estimado y ponderado de la carga de fuego, en el caso de que se trate de un establecimiento industrial, para tener unos valores estimados de la misma. Este sector independiente está compuesto en planta baja por: distribuidor principal, depósito libros, cuarto técnico, vestuario masculino, vestuario camiones, vestuario femenino, sala de espera, distribuidor vestuarios, control almacén, sala descanso archivo control. En la planta primera de este sector se encuentra: aseo 1, aseo 2, distribuidor P1, despacho y aseo de gerencia, 7 despachos de oficinas, sala administración, sala reunión, sala SAI, archivo y sala descanso. En la planta segunda se encuentra el aseo 4, aseo 5, distribuidor planta segunda y un espacio diáfano para alquiler.

Los valores considerados se han tomado considerando una actividad de “muebles, carpintería” y son los mostrados a continuación:

Sector 4

$$A = 1104,55 \text{ m}^2$$

Actividad de producción, transformación o reparación						
Recinto	q_{si} (Mcal/m ³)	S_i	C_i	R_a	$q_s \cdot S \cdot C \cdot R_a$	
Control almacén	144	85,33	1	1,5	18431,28	
Depósito libros	144	7,61	1	1,5	1643,76	
Cuarto técnico	144	3,56	1	1,5	768,96	
Archivo oficinas	144	8,82	1	1,5	1905,12	
Distribuidor oficinas PB	144	65,26	1	1,5	14096,16	
Distribuidor vestuarios	144	11,65	1	1,5	2516,4	
Archivo control	144	8,28	1	1,5	1788,48	
Sala espera	144	8,44	1	1,5	1823,04	
Vestuario masculino	144	15,15	1	1,5	3272,4	
Vestuario femenino	144	15,17	1	1,5	3276,72	
Vestuario camiones	144	8,99	1	1,5	1941,84	
Sala de descanso	144	24,28	1	1,5	5244,48	
Jefe de control	144	13,66	1	1,5	2950,56	
Despachos	144	85,71	1	1,5	18513,36	
Aseo 1	144	7,32	1	1,5	1581,12	

Aseo 2	144	9,93	1	1,5	2144,88
Distribuidor P1	144	31,38	1	1,5	6778,08
Despacho gerencia	144	39,7	1	1,5	8575,2
Aseo gerencia	144	3,94	1	1,5	851,04
Sala administración	144	102,9	1	1,5	22226,4
Sala reunión	144	32,53	1	1,5	7026,48
Sala SAI	144	9,65	1	1,5	2084,4
Archivo P1	144	10,42	1	1,5	2250,72
Sala descanso/comedor	144	25,88	1	1,5	5590,08
Aseo 3	144	7,32	1	1,5	1581,12
Aseo 4	144	9,93	1	1,5	2144,88
Distribuidor P2	144	21,22	1	1,5	4583,52
Espacio alquiler	144	316,38	1	1,5	68338,08

Tabla 10. Densidad carga de fuego sector 4

$$Q_s = 193,7 \text{ Mcal/m}^2$$

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m ²	MJ/m ²	
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 \leq Q_s \leq 200$	$425 \leq Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 \leq Q_s \leq 300$	$850 \leq Q_s \leq 1275$
	4	$300 \leq Q_s \leq 400$	$1275 \leq Q_s \leq 1700$
	5	$400 \leq Q_s \leq 800$	$1700 \leq Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 \leq Q_s \leq 1600$	$3400 \leq Q_s \leq 6800$
	7	$1600 \leq Q_s \leq 3200$	$6800 \leq Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 11. Nivel riesgo intrínseco sector 4

Por tanto el riesgo intrínseco correspondería con un **nivel 2** correspondiente al **riesgo BAJO**.

2.3.2. Cálculo del riesgo intrínseco de cada edificio o conjunto de sectores y/o áreas de incendio

El nivel de riesgo intrínseco del conjunto de los sectores de incendio, se evalúa mediante la siguiente expresión, que determina la carga de fuego ponderada y corregida, Q_s

$$Q_E = \frac{\sum_1^i Q_{si} \cdot A_i}{\sum_1^i A_i}$$

siendo

- Q_E densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del establecimiento industrial, en MJ/m² o Mcal/m².
- Q_{si} densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial en MJ/m² o Mcal/m².
- A_i superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en m².

Así pues, según las densidades de carga de fuego y superficies consideradas anteriormente, se tiene que:

$$Q_E = \frac{650 \cdot 3434,8 + 194,4 \cdot 250 + 195,7 \cdot 567,61 + 193,7 \cdot 1104,55}{3434,8 + 250 + 195,7 + 1104,55} = 486,75 \text{ Mcal/m}^2$$

2.3.3. Cálculo riesgo intrínseco del establecimiento industrial

Coincide el riesgo intrínseco del establecimiento con el calculado anteriormente:

$$Q_E = Q_e = 486,75 \text{ Mcal/m}^2$$

Así pues, el nivel de riesgo intrínseco del establecimiento industrial será **MEDIO, NIVEL 5**.

El Nivel de Riesgo Intrínseco del conjunto del Establecimiento Industrial nos va a determinar únicamente la periodicidad de las inspecciones, descritas en el Artículo 7 del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, ya que el resto de protecciones contra incendios se determinará con el nivel de Riesgo Intrínseco del sector.

3. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

3.1. UBICACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE LOS SECTORES

3.1.1. Justificación de la ubicación de los sectores de incendio como permitida, según anexo II, punto 1.

Está permitida la ubicación del establecimiento, según Anexo II, punto 1, ya que se trata de un sector industrial de TIPO C sobre rasante, con riesgo MEDIO.

3.1.2. Justificación de que la superficie construida de cada sector de incendio es admisible

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la tabla siguiente:

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

Tabla 12. Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio

Se comprueba a continuación las superficies construidas respecto a la máxima permitida, del establecimiento industrial considerado como TIPO C y en función del riesgo de cada sector de incendio propuesto.

Denominación	Tipo	Recintos	Riesgo sector	Superf. máx. (m ²)	Superf. constr. (m ²)
Sector 1	Industrial (RSCIEI)	Cámara 1, 2 y 3, muelle y cargabaterías	MEDIO-5	3500	3434,8
Sector 2	Industrial (RSCIEI)	Sala de máquinas	BAJO-2	6000	250
Sector 3	Industrial (RSCIEI)	Sala de envasados (PB y P1)	BAJO-2	6000	567,61

Tabla 13. Comprobación superficies máximas sector

Por lo que es correcta la sectorización propuesta y se cumplen las máximas superficies construidas permitidas.

3.2. MATERIALES

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, y justificadas según la norma UNE 23727:1990.

3.2.1. Justificación de la condición de reacción al fuego de los elementos constructivos

3.2.1.1. Justificación de la reacción al fuego de los revestimientos: suelos, paredes, techos, lucernarios y revestimientos exteriores de fachadas. Productos incluidos en paredes y cerramientos.

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

- En suelos: C_{FL}-s1 (M2) o más favorable
- En paredes y techos: C-s3 d0 (M2) o más favorable

Los lucernarios que no sean continuos o las instalaciones para la eliminación de humo que se instalen en las cubiertas serán de al menos de clase D-s2d0 (M3) o más favorable. Los lucernarios continuos en cubierta serán B-s1d0 (M1) o más favorable.

Los materiales de revestimiento exterior de fachadas serán C-s3d0 (M2) o más favorables.

De cualquier manera, en la siguiente tabla se justifica los materiales empleados en el establecimiento industrial:

Elementos	Material	Exigido	Proyecto	
Suelos	Solera de hormigón armado	C _{FL} -s1	A2-s1, d0	Cumple
Paredes	PUR en paneles	C-s3, d0	B-s2, d0	Cumple
Falso techo nave	PUR en paneles	C-s3, d0	B-s2, d0	Cumple

Tabla 14. Reacción al fuego de revestimientos

Cuando un producto que constituya una capa contenida en un suelo, pared o techo, sea de una clase más desfavorable que la exigida al revestimiento correspondiente, según lo indicado, la capa y su revestimiento, en su conjunto serán, como mínimo, EI-30. Este requisito no es exigible cuando se trate de productos utilizados en sectores industriales clasificados como de riesgo intrínseco bajo, ubicados en edificio de tipo B o tipo C, para los que será suficiente la clasificación D-s3 d0 o más favorable, para los elementos constitutivos de los productos utilizados para paredes o cerramientos.

3.2.1.2. Justificación de la reacción al fuego de los productos interiores en falsos techos o suelos elevados. Tipo de cables eléctricos.

Los productos situados en el interior de falsos techos o suelos elevados, los utilizados para aislamiento térmico y para acondicionamiento acústico, los que constituyan o revistan conductos de aire acondicionado o de ventilación, deberán ser de clase B-s3 d0 (M1) o más favorable.

La justificación de que un producto de construcción alcanza la clase de reacción al fuego exigida, se acreditará mediante ensayo de tipo o certificado de conformidad a normas UNE, emitidos por un Organismo de control que cumpla los requisitos establecidos en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre.

Los productos de construcción pétreos, cerámicos y metálicos, así como los vidrios, morteros, hormigones o yesos se considerarán de clase A1 (M0).

Únicamente los cables situados en el interior de falsos techos, suelos elevados o huecos de la construcción deberán ser no propagadores de la llama. En este caso, cabe destacar que todos los cables normalizados cumplen este criterio, ya que incluyen el ensayo según norma UNE-EN 50265, ensayo a la propagación vertical de la llama.

El resto de cables deberán cumplir lo que para ellos se establezca en la reglamentación específica que les sea de aplicación.

Para retardar la propagación del fuego a lo largo de los cableados se pueden utilizar revestimiento (resinas o pinturas intumescentes), aplicados directamente sobre los cables.

Así mismo, todos los tubos empotrados en obra, en falso techo o suelos elevados, cumplirán también la condición de no propagadores de la llama, según la UNE-EN 50086.

Se recoge a continuación los materiales empleados en el establecimiento industrial:

Elementos	Material	Exigido	Proyecto	
Aislamiento térmico	Poliuretano	B-s3, d0 (M1)	B-s2, d0	Cumple
Revestimiento conductos	Poliuretano	B-s3, d0 (M1)	B-s2, d0	Cumple
Cableado en falsos techos	V (policloruro de vinilo)	Convencional	Convencional	Cumple
Cableado grupo PCI	AS+(90)	AS+ (90)	AS+ (90)	Cumple

Tabla 15. Reacción al fuego productos interiores

3.2.2. Adaptación de las clases de reacción al fuego

Según el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego, se adapta la siguiente clasificación de reacción al fuego:

CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE REVESTIMIENTOS DE PAREDES Y TECHOS, DE AISLAMIENTOS TÉRMICOS O ACÚSTICOS Y DE CONDUCTOS		
Clase exigida conforme a la norma UNE 23727:1990	Clase que debe acreditarse conforme a la norma UNE EN 13501-1:2002	
	Revestimientos de paredes o techos, aislamientos térmicos (no lineales) o acústicos y conductos	Productos lineales para aislamiento térmico en tuberías
M0	A1 o A2-s1, d0	A1 _L o A2 _L -s1, d0
M1	B-s3, d0	B _L -s3, d0
M2	C-s3, d0	C _L -s3, d0
M3	D-s3, d0	D _L -s3, d0

Tabla 16. Clases de reacción al fuego de revestimientos de paredes y techos, aislamientos térmicos o acústicos y de conductos

CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE REVESTIMIENTOS DE SUELOS	
Clase exigida conforme a la norma UNE 23727:1990	Clase que debe acreditarse conforme a la norma UNE EN 13501-1:2002
M0	A1 _{FL} o A2 _{FL} -s1
M1	A2 _{FL} -s2
M2	B _{FL} -s2

CLASES DE REACCIÓN AL FUEGO DE REVESTIMIENTOS DE SUELOS	
Clase exigida conforme a la norma UNE 23727:1990	Clase que debe acreditarse conforme a la norma UNE EN 13501-1:2002
M3	C _{FL} -S2

Tabla 17. Clases de reacción al fuego de revestimientos de suelos

3.3. ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante, no tendrán un valor inferior al indicado en la tabla 2.2. del Reglamento de Seguridad Contra Incendios.

La justificación de que un elemento portante alcanza el valor de estabilidad al fuego exigido se acreditará:

- Por comprobación de las dimensiones de la sección transversal del elemento con lo indicado en las tablas, según material, en los anejos C a F de CTE DB-SI.
- Mediante marca de conformidad, con normas UNE o certificado de conformidad, con las especificaciones técnicas indicadas en el Reglamento.
Las Marcas de Conformidad, Certificados de conformidad y ensayos de tipo serán emitidos por un organismo de control que cumplan las exigencias del Real Decreto 2200/1995 de 28 de diciembre.
- Por aplicación de un método de cálculo teórico-experimental de reconocido prestigio.

3.3.1. Sector 1

Para el caso del SECTOR 1, la estructura portante de las naves, está resuelta con pórticos y cerchas de perfilera metálica, a dos aguas y pórticos de cubierta plana.

Para atender a la resistencia al fuego de los elementos constructivos portantes de las cámaras y otros espacios de este sector, nos deberemos dirigir al apartado 4.1 y 4.2 del RSCIEI. La tabla 2.2 nos proporciona el valor de estabilidad al fuego de los elementos estructurales de las cámaras. Véase a continuación la tabla:

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	R 90	R 90	R 60	R 60	R 30
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120	R 120	R 90	R 90	R 60
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180	R 120	R 120	R 90

Tabla 18. Tabla 2.2 Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes

Por lo que teniendo en cuenta ésta, y considerando las cámaras de congelados como sector de nivel de riesgo intrínseco MEDIO, de TIPO C y sobre rasante se establecerá una resistencia al fuego mínima R 60. Se ha de comentar que las cámaras de congelados disponen de instalación de rociadores y cubierta ligera, pero debido a las condiciones térmicas en su interior no es posible una instalación de control de temperatura y evacuación de humos, aunque esto se comentará en apartados posteriores, por ello no se puede aplicar la tabla 2.3.

Para la zona del muelle de recepción/expedición y el cargabaterías se deberá tener en cuenta los apartados 4.2 y 4.3 de la presente normativa, la cual dice lo siguiente:

Apartado 4.2 *“Para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes, siempre que se justifique que su fallo no pueda ocasionar daños graves a los edificios o establecimiento próximos, ni comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o la sectorización de incendios implantada y, si su riesgo intrínseco es medio o alto, disponga de un sistema de extracción de humos, se podrán adoptar los valores siguientes”:*

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO B	TIPO C
	Sobre rasante	Sobre rasante
BAJO	R 15	NO SE EXIGE
MEDIO	R 30	R 15
ALTO	R 60	R 30

Tabla 19. Tabla 2.3

Apartado 4.3 *“En edificio de una sola planta con cubierta ligera, cuando la superficie total del sector de incendios esté protegida por una instalación de rociadores automáticos de agua y un sistema de evacuación de humos, los valores de estabilidad al fuego de las estructuras portantes podrán adoptar los valores de la tabla 2.4 del RSCIEI”:*

Nivel de riesgo intrínseco	Edificio de una sola planta		
	Tipo A	Tipo B	Tipo C
Riesgo bajo	R 60	NO SE EXIGE	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 90	R 15	NO SE EXIGE
Riesgo alto	NO ADMITIDO	R 30	R 15

Tabla 20. Tabla 2.4

Todo esto, lo aplicamos a las diferentes zonas restantes del sector 1. Primeramente, en la zona del cargabaterías, será de aplicación la tabla 2.2, ya que aunque dispone de instalación de rociadores automáticos y sistema de evacuación de humos no dispone de cubierta ligera, por ello no se podrá aplicar el apartado 4.2 y 4.3 que se ha comentado. Al ser edificio TIPO C y de riesgo MEDIO, la estabilidad al fuego exigida para la estructura portante será R 60 al igual que las cámaras.

En segundo lugar, para la zona del muelle de expedición/recepción se aplicará la tabla 2.4 ya que en este caso si se ha dispuesto una instalación de rociadores automáticos de agua, sistema de evacuación de humos y parcialmente dispone de una cubierta ligera, a excepción de la zona del muelle que se sitúa debajo de la sala de máquinas. Por lo que al ser un establecimiento TIPO C y riesgo MEDIO, no se exigirá ninguna resistencia, únicamente la zona ya comentada bajo la sala de máquinas que se dispondrá una resistencia R 60.

Cuando esté permitido no justificar la estabilidad al fuego de la estructura, deberá de señalizarse en el acceso principal del edificio para que el personal de los servicios de extinción tenga conocimiento de esta particularidad.

3.3.1.1. Estabilidad al fuego de la estructura

Se muestra a continuación la estabilidad al fuego de la estructura a modo de tabla:

SECTOR	Estructura	Recintos	Estabilidad exigida	Estabilidad proyecto
Sector 1	Estructura metálica (cubierta ligera)	Cámaras 1, 2 y 3	R 60	R 60
Sector 1	Estructura metálica (cubierta ligera) y parcialmente un forjado de placas prefabricadas de hormigón pretensado	Muelle	No se exige* R-60	R-60
Sector 1	Estructura metálica en soportes y vigas. Forjados de placas prefabricadas de hormigón pretensado	Cargabaterías	R-60	R-60

*Protegida con rociadores automáticos de agua y sistema de evacuación de humos.

Por seguridad los elementos estructurales de tipo metálico se proyectarán con pintura intumescente.

Se presentará el certificado de aplicación y de materiales en base a pintura intumescente, marca de conformidad en base a normas UNE.

3.3.1.2. Justificación de cubierta ligera

La cubierta está resuelta mediante cerchas de perfiles metálicos a dos aguas, estimándose un peso de unos 25 kg/m², inferior a 100 kgm², por lo que la cubierta se considera como ligera, según el Anexo II del Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales.

3.3.2. Sector 2

Para el caso del SECTOR 2, la estructura portante de la nave, está resuelta con pórticos de cubierta plana.

El edificio es de TIPO C, y de riesgo BAJO, por lo que disponiendo de cubierta ligera se debería aplicar la tabla 2.3 del RSCIEI, aunque al disponer esta sala de la maquinaria de la instalación de frío de las cámaras de congelados y la sala del cuadro general de baja tensión del establecimiento industrial, cuyo colapso podría ocasionar graves daños, se decide aplicar la tabla 2.2. Por lo que la estabilidad exigida de la estructura será R 30.

3.3.2.1. Estabilidad al fuego de la estructura

Se muestra la estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes de este sector:

SECTOR	Estructura	Recintos	Estabilidad exigida	Estabilidad proyecto
Sector 2	Estructura metálica (cubierta ligera)	Sala de máquinas	R-30	R-30

Los elementos estructurales de tipo metálico se proyectarán con pintura intumescente, en espesor necesario hasta alcanzar la estabilidad al fuego exigida.

3.3.3. Sector 3

Para el caso del edificio del SECTOR 3, la estructura está resuelta mediante pórticos metálicos de cubierta plana que soportan forjados de placas pretensadas de hormigón de plantas superiores, por lo que no se considera como de cubierta ligera.

Al ser un sector de TIPO C y de riesgo BAJO, será de aplicación el punto 4.1 del RSCIEI.

3.3.3.1. Estabilidad al fuego de la estructura

Se muestra a continuación la estabilidad al fuego de la estructura a modo de tabla:

SECTOR	Estructura	Recintos	Estabilidad exigida	Estabilidad proyecto
Sector 3	Estructura metálica en soportes y vigas. Forjados de placas prefabricadas de hormigón pretensado	Sala envasados PB y P1	R-30	R-30

Los elementos estructurales de tipo metálico se proyectarán con pintura intumescente, en espesor necesario hasta alcanzar la estabilidad al fuego exigida.

3.4. RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo de cerramiento (o delimitador) se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones, durante el ensayo normalizado conforme a la norma que corresponda de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificado por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión:

- Capacidad portante R
- Integridad al paso de llamas y gases calientes E
- Aislamiento térmico I

Cuando una medianera, un forjado o una pared que compartimentase sectores de incendio acometan a una fachada, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad de la exigencia a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura será como mínimo de un metro.

Cuando una medianera o un elemento constructivo de compartimentación en sectores de incendio acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de esta será al menos, igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura sea igual a un metro.

3.4.1. Medianeras

La resistencia al fuego de toda medianería o muro colindante con otro establecimiento será, como mínimo:

	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)

Tabla 21. Resistencia al fuego de medianería o muro colindante

Para el caso que nos ocupa, no existen medianeras con otro establecimiento industrial.

3.4.2. Cerramientos de sectorización

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros, no será inferior a la estabilidad al fuego exigida para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio.

Para el caso que nos ocupa, y según los sectores propuestos, los cerramientos que delimitan y la resistencia exigida según tabla 2.2 de RSCIEI, son los siguientes:

SECTOR	Cerramiento	Recinto	Resistencia Exigida	Resistencia Proyecto
Sector 1	Panel sándwich frigorífico formado por dos chapas de acero lacado con inyección de espuma de Poliisocianurato (PIR) clasificación al fuego BS ₂ ,D0, y EI-60	Cámaras	EI-60	EI-60
Sector 1	Panel sándwich frigorífico formado por dos chapas de acero lacado con inyección de espuma de Poliisocianurato (PIR) clasificación al fuego BS ₂ ,D0, y EI-60	Muelle	EI-60	EI-60
Sector 1	Fábrica de ladrillo panal de 11,5cm de espesor con enfoscado en las dos caras	Cargabaterías	EI-60	EI-60
Sector 2	Fábrica de ladrillo panal de 11,5cm de espesor con enfoscado en las dos caras	Sala de máquinas	EI-60	EI-60

Sector 3	Panel sándwich frigorífico formado por dos chapas de acero lacado con inyección de espuma de Poliisocianurato (PIR) clasificación al fuego BS ₂ ,D0, y EI-60	Sala de envasados PB y P1	EI-60	EI-60
----------	---	---------------------------	-------	-------

Tabla 22. Resistencia exigida y de proyecto cerramientos de sectorización

Para el caso de los cerramientos de las zonas de cubierta que delimitan sectores de incendio, se empleará forjado con placa alveolar, con una R-60, para independizar los sectores de incendio que componen el establecimiento industrial.

3.4.3. Cubiertas

Cuando una medianera o un elemento constructivo de compartimentación en sectores de incendio acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura sea igual a 1m.

Los forjados que delimitan sectores de incendio independientes están formados por placas prefabricadas de hormigón pretensado de tipo alveolar de canto mínimo 15cm., con capa de compresión de 5m. armada con mallazo superior tipo #20.20.6 o en otros casos mediante cubierta de panel sándwich de 40mm. de espesor.

Para el caso de los forjados con placa de tipo alveolar, se asegura una REI-60, como mínimo.

Para el caso de las cubiertas tipo sándwich que delimitan sectores de incendio, se proyectará una banda de 1m. de anchura con lana de roca aplicada sobre malla nervometal, con una R 30, la mitad de la exigida que es R 60.

Se aportará certificado mediante normas UNE, de la aplicación y materiales utilizados en base a lana de roca sobre malla nervometal.

3.4.4. Puertas de paso

Las puertas de paso entre sectores de incendio, tendrán una resistencia al fuego mínima de EI₂-t-C5, siendo t, la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre.

Para el caso que nos ocupa, existirán puertas abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables.

Así pues, las puertas de paso que delimitan los sectores de incendio del establecimiento industrial, tendrán las siguientes características:

Puerta de paso	Características	Anchura	Resistencia Exigida	Resistencia Proyecto
Separación sector 1-2	Abatible antipánico	1 hoja 82 cm	EI ₂ 30	EI ₂ 30
Separación sector 1-3	Corredera automatizada	250 cm.	EI ₂ 30	EI ₂ 30
Separación sector 1-4	Abatible antipánico	1 hoja 82 cm	EI ₂ 30	EI ₂ 30

Tabla 23. Resistencia exigida puertas de paso

Para el caso de la puerta cortafuegos, que delimita el sector 3 con el sector 1, es de tipo corredera cortafuegos. Dicha puerta está conectada a la central de incendios para que en caso de alarma de incendios, sectorice dichos sectores de incendios. Para este caso, se aportará certificado del fabricante de la resistencia al fuego exigida.

Los mecanismos de apertura de las puertas supondrán el menor riesgo posible para la circulación de los ocupantes.

3.4.5. Patinillos

No procede

3.5. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará la ocupación de los mismos, P, deducida de las siguientes expresiones:

$$P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100.$$

$$P = 110 + 1,05 (p-100), \text{ cuando } 100 < p < 200.$$

$$P = 215 + 1,03 (p-200), \text{ cuando } 200 < p < 500.$$

$$P = 524 + 1,01 (p -500), \text{ cuando } 590 < p.$$

Donde p representa el número de personas que ocupa el sector de incendios, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

Los valores obtenidos para P, según las anteriores expresiones, se redondearán el entero inmediatamente superior.

SECTOR	p	P
Sector 1	20	22
Sector 2	2	3
Sector 3	4	5
TOTAL		30 personas

Tabla 24. Número de personas establecimiento

El establecimiento industrial contará con un total de 30 personas.

Teniendo en cuenta este valor y que el establecimiento es de TIPO C y considerado como riesgo medio, deberá satisfacer las condiciones expuestas en los apartados siguientes.

3.5.1. Elementos de evacuación

3.5.1.1. Origen de evacuación

Se considera como origen de la evacuación todo punto ocupable, exceptuando todo recinto, o conjunto de ellos comunicados entre sí, en los que la densidad de ocupación no exceda de 1 persona/10 m² y cuya superficie total no exceda de 50m², el origen de evacuación también podrá considerarse situado en la puerta de salida a espacios generales de circulación.

3.5.1.2. Recorridos de evacuación

Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida de planta, situada en la misma planta considerada o en otra, o hasta una salida de edificio. Conforme a ello, una vez alcanzada una salida de planta, la longitud del recorrido posterior no computa a efectos del cumplimiento de los límites a los recorridos de evacuación. La longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje. Los recorridos en los que existan tornos u otros elementos que puedan dificultar el paso no pueden considerarse a efectos de evacuación.

3.5.1.3. Altura de evacuación

La máxima diferencia de cotas entre un origen de evacuación y la salida de edificio, que le corresponda. A efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio no se consideran las plantas en las que únicamente existan zonas de ocupación nula.

3.5.1.4. Rampas

La pendiente de las rampas que se utilicen como recorrido de evacuación no será mayor que el 12% cuando su longitud sea menor que 3m, que el 10% cuando su longitud sea menor que 10m o que el 8% en el resto de los casos.

3.5.1.5. Ascensores, escaleras mecánicas y rampas y pasillos móviles

No existe

3.5.2. Salidas

Salida de planta es alguno de los siguientes elementos, pudiendo estar situada, bien en la planta considerada o bien en otra planta diferente:

- El arranque de una escalera no protegida que conduce a una planta de salida del edificio, siempre que el área del hueco del forjado no exceda a la superficie en planta de la escalera en más de 1,30 m².
- El arranque de una escalera compartimentada como los sectores de incendio, o una puerta de acceso a una escalera protegida, a un pasillo protegido o a un vestíbulo de independencia de una escalera especialmente protegida.

- Una puerta de paso, a través de un vestíbulo de independencia, a un sector de incendio diferente que exista en la misma planta, siempre que:
 - o el sector inicial tenga otra salida de planta que no conduzca al mismo sector alternativo
 - o el sector alternativo tenga una superficie en zonas de circulación suficiente para albergar a los ocupantes del sector inicial, a razón de 0,5 m²/pers, considerando únicamente los puntos situados a menos de 30 m de recorrido desde el acceso al sector.
 - o la evacuación del sector alternativo no confluya con la del sector inicial en ningún otro sector del edificio, excepto cuando lo haga en un sector de riesgo mínimo.
- Una salida de edificio.

3.5.2.1. Número y disposición de salidas

El criterio para la asignación de los ocupantes, se ha considerado según lo articulado en el punto 2.2, del DBSI del Código Técnico de la Edificación, en su tabla 2.1.

Para el cálculo del recorrido de evacuación se ha tenido en cuenta el origen de evacuación, tal como se ha definido en apartados anteriores.

Establecimiento industrial

Dejando a un lado el edificio de oficinas, el edificio industrial posee OCHO salidas de planta, de las cuales SEIS son salidas de edificio que comunican con el espacio exterior seguro.

Todos los sectores disponen al menos de 2 salidas de planta, a excepción del SECTOR 2, que dispone de una única salida de planta, ya que se cumple el siguiente requisito:

- La longitud del recorrido de evacuación no excede de 50 m y la ocupación es inferior a 25 personas, siendo el riesgo bajo.

Al ser el establecimiento industrial de TIPO C, las distancias máximas de los recorridos de evacuación del edificio industrial no superarán los valores del cuadro siguiente:

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

Tabla 25. Longitud recorrido de evacuación según número salidas

Para el caso que nos ocupa, siendo de RIESGO BAJO o MEDIO, la distancia máxima de recorrido de evacuación será de 50 m con dos salidas alternativas y 35 o 25 m si tan solo tiene una salida.

La longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta algún punto desde el que partan al menos dos recorridos alternativos hacia sendas salidas, no será mayor que 25m. Se considera que dos recorridos son alternativos desde un punto dado, cuando en dicho punto forman entre sí un ángulo mayor que 45°.

Número de salidas

Se recoge en la tabla siguiente el número de salidas de todos los sectores del establecimiento industrial y sus características generales:

Sectores	Riesgo	Ocupación	Altura de evacuación (m)	Número salidas de planta	Longitud máxima de recorridos evacuación
Sector 1	Medio	22	< 28 m.	5	50 m.
Sector 2	Bajo	3	< 28 m.	1	50 m.*
Sector 3	Bajo	5	< 28 m.	1	50 m.*
Total		30		7	

Tabla 26. Longitud máxima evacuación sectores

*La distancia se aumenta a 50 m por ser la ocupación inferior a 25 personas.

3.5.2.2. Justificación y cálculo de la longitud máxima de los recorridos de evacuación

Sector 1

Al ser el sector de TIPO C, las distancias máximas de los recorridos de evacuación del edificio industrial no superará los valores del cuadro visto anteriormente.

Para el caso que nos ocupa, siendo de RIESGO MEDIO, la distancia máxima de recorrido de evacuación será de 50m, ya que dispone de CINCO salidas alternativas.

La longitud del recorrido desde todo origen de evacuación hasta algún punto desde el que partan al menos dos recorridos alternativos hacia sendas salidas, no será mayor que 25m. Se considera que dos recorridos son alternativos desde un punto dado, cuando en dicho punto forman entre sí un ángulo mayor que 45°.

Para el cálculo del recorrido de evacuación se ha tenido en cuenta el origen de evacuación, tal como se ha definido en apartados anteriores.

Sector 2

Al ser el sector de TIPO C, las distancias máximas de los recorridos de evacuación del edificio industrial no superará los valores del cuadro anterior Para el caso que nos ocupa, siendo de RIESGO BAJO, la distancia máxima de recorrido de evacuación será de 50 m ya que la ocupación es inferior a 25 personas.

Cabe destacar que en este sector existe una única salida de planta, ya que se cumple que:

- La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25 m, excepto si se trata de una planta que tiene una salida directa al espacio exterior seguro y la ocupación no excede de 25 personas, que podrá tener una longitud de 50 m.
- La altura de evacuación de la planta considerada no excede de 28 m.

Para el cálculo del recorrido de evacuación se ha tenido en cuenta el origen de evacuación, tal como se ha definido en apartados anteriores.

Sector 3

Al ser el sector de TIPO C, las distancias máximas de los recorridos de evacuación del edificio industrial no superará los valores del cuadro recogido anteriormente. Para el caso que nos ocupa, siendo de RIESGO BAJO, la distancia máxima de recorrido de evacuación será de 50m, ya que aun teniendo una única salida (recorrido único) la ocupación es inferior a 25 personas.

Este sector al igual que el sector dos, puede contar con una única salida de planta por lo descrito anteriormente.

Para el cálculo del recorrido de evacuación se ha tenido en cuenta el origen de evacuación, tal como se ha definido en apartados anteriores.

Número y longitud de recorridos

Se recoge en la tabla siguiente la longitud de los recorridos de evacuación de todos los sectores de incendio del establecimiento industrial:

Sectores	Ocupación	Altura de evacuación	Número salidas de planta	Longitud máxima de recorridos de evacuación	Longitud máxima de recorridos de proyecto
Sector 1	20	< 28 m.	5	50 m.	42 m.
Sector 2	2	< 28 m.	1	50 m.	17 m.
Sector 3	4	< 28 m.	1	50 m.	40 m.

Tabla 27. Longitud máxima recorridos sectores

Tal como se refleja en los planos adjuntos, ningún recorrido de evacuación supera dicha distancia.

- 3.5.2.3. Justificación del dimensionamiento de las puertas, pasillos, escaleras, escaleras protegidas, vestíbulos previos, ascensores y rampas

Cálculo de la anchura de los elementos de evacuación

El cálculo de la anchura de los elementos de evacuación se llevará a cabo según los criterios siguientes:

Tipo de elemento	Dimensionado	Sector	Ocupación	Anchura calculada	Anchura adoptada
Puertas y pasos	$A \geq P / 200 \geq 0,80\text{m}$	1, 2, 3	30	0,15	0,80
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00\text{m}$	1, 2, 3	30	0,15	2,80
Escaleras no protegidas Evacuación descendiente	$A \geq P / 160 \geq 0,80\text{m}$	2, 3	5	0,04	1,20

Tabla 28. Anchura elementos de evacuación

Características de las puertas

- Las puertas previstas como salida de planta o edificio y las previstas para la evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre no actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar.
- Abrirán en el sentido de la evacuación toda puerta de salida prevista para más de 50 ocupantes del recinto en el que está la puerta o para más de 100 ocupantes llegados secuencialmente.
- No existirán puertas giratorias.
- Las puertas de apertura automática dispondrán de un sistema tal que, en caso de fallo del mecanismo de apertura o del suministro de energía, abra la puerta e impida que ésta se cierre.

Características de los pasillos

Los pasillos que sean recorridos de evacuación carecerán de obstáculos y cumplirá la exigencia mínima en cuanto a resbaladizidad del suelo exigida en el DB SU 1, Seguridad frente al riesgo de caídas.

Características de las escaleras

Se cumplirá lo articulado en el Documento Básico de Seguridad de Utilización (DB-SU), del Código Técnico de la Edificación.

Las dimensiones del peldaño cumplirá lo siguiente:

Huella: $H \geq 280\text{mm}$

Contrahuella: $130\text{mm} \leq C \leq 185\text{mm}$

$540\text{ mm} \leq 2C + H \leq 700\text{ mm}$

3.6. VENTILACIÓN Y ELIMINACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN DE LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES

3.6.1. Criterios generales de diseño

Principio de funcionamiento de los sistemas de evacuación de humos

La diferencia entre gradientes de presión entre la temperatura de la masa de humos y la temperatura ambiente, hace que los humos calientes (menos pesados) generados en un incendio asciendan rápidamente hacia la zona más alta de la nave, permitiendo ser evacuados al exterior a través de los exutorios/aireadores de cubierta. La causa de este fenómeno no es más que el conocido “efecto chimenea”, denominado “empuje térmico”.

Destacar que este efecto puede llegar a ser más o menos efectivo en función de otros factores:

- La ubicación y el diseño de los aireadores en la cubierta de la nave.
- La pendiente de la cubierta.
- La orientación del edificio con respecto a los vientos dominantes contra los aireadores instalados, tipo de aireadores, etc.
- La altura del edificio.

Compartimentación en depósitos de humos

El criterio empleado en la actualidad en España (norma UNE 23585) especifica, que en los casos de evacuación de humos por tiro natural, se podrán considerar una superficie de los depósitos de hasta 2.000m² y que no excedan de 60m de recorrido máximo longitudinal.

Para aquellos casos donde “no se pueda” garantizar la instalación de control de humos mediante un sistema de extracción natural y se deba recurrir a un sistema de control de humos mediante aireadores mecánicos o extracción forzada, se podrán llegar a considerar depósitos de humos de hasta 2.600m² no superando en ningún caso los 60m de recorrido máximo longitudinal de un depósito de humos.

Para aquellas naves en que la superficie supere estas dimensiones y recorridos máximo establecidos por la norma, se deberán crear depósitos de humo independientes acordes a las superficies permitidas por la norma, mediante la colocación de pantallas o barreras de humos sectorizadoras.

Aportación de aire de reemplazado a los depósitos de humos

Para no crear una depresión en el interior de la nave en el momento que los aireadores de cubierta se abren, se debe garantizar una aportación de aire exterior o de reemplazo equivalente a la instalada a través de los aireadores de cubierta. Esta aportación de aire puede conseguirse de diferentes formas:

- En el caso de prever más de un depósito de humos en la misma zona, a través de los aireadores inmediatos de los depósitos no afectados.
- En el caso de disponer de un solo depósito de humos, la aportación de aire se podrá garantizar a través de aireadores para fachada, rejas fijas de ventilación, puertas de comunicación con el exterior debidamente automatizadas o en su caso, mediante ventiladores mecánicos.

Cuando solo se dispone de un solo depósito de humos, las entradas de aire deben ser implantadas de forma que no creen zonas de aire estancado y siempre, por debajo del espesor de capa de humos considerada. La velocidad máxima para las entradas de aire a considerar no podrá superar una velocidad máxima de entrada de 5m/seg.

Enfriamiento de la masa de humos generada

Uno de los aspectos más importantes a vigilar en el diseño de cualquier instalación de ventilación y control de humos, es la temperatura de la masa de humos. El humo y los gases calientes producidos por un incendio, se elevan rápidamente hacia las zonas más altas de la nave gracias a la temperatura que estos concretan, para posteriormente ser evacuados al exterior, a través de los aireadores de cubierta.

La temperatura de la capa de humos siempre ha de estar controlada, uno de los objetivos es evitar que los humos puedan llegar a estratificarse por un enfriamiento excesivo producido por un alejamiento descontrolado de la masa de humos frente al origen del incendio.

Si el humo no se acaba conteniendo de alguna forma en depósitos de humos los gases producidos por el incendio se acaban mezclando de forma excesiva con aire a temperatura ambiente llegando a no tener suficiente fuerza de convección, para elevarse y ser evacuados al exterior.

3.6.2. Sector 1

Se trata de un sector de incendio con riesgo MEDIO y su superficie construida es superior a los 2.000 m², por lo que necesitará de un sistema de evacuación de humos en las siguientes zonas:

Cámaras de congelados

Esta zona corresponde con un recinto refrigerado a temperatura negativa de -20°C. El aire aquí es recirculado a través de las baterías frías de los evaporadores de aire instalados en el local. Es por este motivo por lo que técnicamente es inviable la instalación de exutorios para evacuación de humos, Por otra parte al estar refrigerados los recintos frigoríficos, la temperatura de la cámara, hará que no se eleve la temperatura de humos en un tiempo rápido, permitiendo la evacuación de personas que puedan estar en los locales y poder actuar con otros medios de control y extinción de incendios existentes en la planta.

Las cámaras de productos congelados, como se verá más adelante, dispondrán de instalación automática mediante rociadores de agua para extinción en caso de incendio, lo que complicaría todavía más la salida de humos al enfriarse la masa de humos.

En el capítulo V se mostrará mediante software CFAST que una instalación de evacuación de humos no funcionaría para este caso en particular, por lo que no se dispondrá de ella.

Muelle de recepción expedición y cargabaterías

Para estas zonas, si será preciso la instalación de un SCTEH. El cálculo se realizará con un programa de cálculo simplificado de la casa comercial Cottessgroup según Norma UNE 23585 para extracción natural de humos con aireadores según los requerimientos del Código Técnico de la Edificación y el RSCIEI.

La base del dimensionamiento comienza por conocer la geometría del edificio:

Muelle	
Longitud de la nave	60,00 m
Anchura de la nave	10,70 m
Superficie de la nave	642 m ²
Nº depósitos de humo	1 ud
Altura máx. de la nave	4,90 m
Altura mín. de la nave	4,90 m

Tabla 29. Datos geométricos SCTEH muelle

Cargabaterías	
Longitud de la nave	12,20 m
Anchura de la nave	10,30 m
Superficie de la nave	125,67 m ²
Nº depósitos de humo	1 ud
Altura máx. de la nave	4,90 m
Altura mín. de la nave	4,90 m

Tabla 30. Datos geométricos SCTEH cargabaterías

En el caso de que la longitud de la nave sea más de 60 m o superar los 2.000m² de superficie se aumentará el nº de depósitos de humo.

Valores predeterminados:

Temperatura ambiente	20°C
Calor del aire	1,004 kJ/kg°K
Densidad del aire	1,225 kW/m ³
Aceleración gravedad	9,81 m

Tabla 31. Valores predeterminados SCTEH

En el caso de ambas zonas, tanto el cargabaterías como el muelle, contarán con extinción automática mediante rociadores con una temperatura de disparo de 68 °C como se comentará más a fondo en posteriores apartados. La norma que se aplica no permite diferenciar el tipo de rociador.

Lo siguiente para el diseño de estos sistemas será dimensionar el incendio previsible de acuerdo con las indicaciones de la tabla 3 de la UNE 23585 que se aplica. Hay que destacar que los tamaños de incendio que aparecen en esta norma son aplicables para naves sin rociadores. En los espacios con rociadores automáticos, se disminuyen generalmente las dimensiones del fuego y su potencia calorífica. En una primera aproximación, se pueden aplicar las dimensiones del fuego sin rociadores (valores de seguridad).

Categorías de usos	Dimensiones del incendio	Perímetro (Wf)	Superficie (Af)
Categoría 1	3,0 m x 3,0 m	12 m	9 m ²
Categoría 2	4,5 m x 4,5 m	18 m	20 m ²
Categoría 3	6,0 m x 6,0 m	24 m	36 m ²
Categoría 4	9,0 m x 9,0 m	36 m	81 m ²

Tabla 32. Dimensiones normalizadas de incendio (Tabla 3)

Por lo tanto resultan los siguientes parámetros:

Muelle	
Categoría	Categoría 1 (Riesgo Normal N1 "Salas frigoríficas")
Tamaño del fuego (largo)	3,0 m
Tamaño del fuego (ancho)	3,0 m
Calor liberado*	250 kW/m ²
Factor de convección	0,8
Coefficiente plantas abiertas	0,188

Tabla 33. Tamaño incendio muelle

Cargabaterías	
Categoría	Categoría 2 (Riesgo Normal N2 "Taller de reparación de partes mecánicas o de carrocerías de automóviles")
Tamaño del fuego (largo)	4,5 m
Tamaño del fuego (ancho)	4,5 m

Calor liberado*	250 kW/m ²
Factor de convección	0,8
Coefficiente plantas abiertas	0,188

Tabla 34. Tamaño incendio cargabaterías

*El calor liberado se obtiene del ANEXO A de la UNE 23585.

La altura libre de humos para ambas zonas, será de 2,50m, entendiéndose como tal la distancia desde el suelo (+0,0) hasta la base inferior de la capa de humos considerada. Este valor no deberá ser inferior a 3,00 m para edificios públicos y 2,50 m para edificios no públicos desde el suelo hasta el punto inferior de la capa de humos considerada (protección de las vías de evacuación) y tampoco superior a 1/10 de altura de la nave. La profundidad mínima de la barrera será de 0,1 m.

Partiendo de todos estos datos, los cuales se han introducido en la aplicación de cálculo, obtenemos los siguientes resultados:

Muelle	
Altura media de evacuación	4,90 m
Espesor humos admisible	2,40 m
Altura desde el suelo	2,40 m
Perímetro del fuego	12 m
Área de fuego	9 m ²
Flujo calor convectivo	1.800 kW
Masa de humos	8,92kg/s
Incremento máx. temperatura	200,99 °K
Incremento mín. temperatura	48 °K
Incremento medio temperatura	124,5 °K
Temperatura ambiente	293 °K
Temperatura capa humo	341 °K

Tabla 35. Resultado cálculo SCTEH muelle

Cargabaterías	
Altura media de evacuación	4,90 m
Espesor humos admisible	2,40 m
Altura desde el suelo	2,40 m
Perímetro del fuego	18 m
Área de fuego	20,25 m ²
Flujo calor convectivo	4.050 kW
Masa de humos	13,38 kg/s
Incremento máx. temperatura	301,48 °K
Incremento mín. temperatura	48 °K
Incremento medio temperatura	174,74 °K
Temperatura ambiente	293 °K
Temperatura capa humo	341 °K

Tabla 36. Resultado cálculo SCTEH cargabaterías

La superficie total de aireadores naturales de extracción de humos en cada una de las zonas viene dada según la siguiente expresión:

$$A_{v_{tot}} \cdot C_v = \frac{M_l \cdot T_l}{\left[2 \cdot P_{amb}^2 \cdot g \cdot d_l \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} \cdot \frac{M_l^2 \cdot T_l \cdot T_{amb}}{(A_i \cdot C_i)^2} \right]^{0.5}}$$

siendo:

- $A_{v_{tot}}$ superficie geométrica total libre de todos los aireadores de extracción de humos en un depósito de humos (m²)
- C_v coeficiente de descarga de un aireador natural.
- M_l Valor de la masa circulante de gases de humo que entra en la capa flotante del depósito de humos (kg·s)
- T_l Promedio de temperatura absoluta en la capa flotante de un depósito de humos (°K)
- A_i Superficie geométrica total libre de todas las entradas de aire (m²)
- C_i Coeficiente de descarga de una abertura de entrada de aire de alimentación
- d_l profundidad de la capa flotante de humos en un depósito de humos, medida desde el techo hasta la base visible de la chapa de humos (m)
- g aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- P_{amb}^2 densidad del aire a temperatura ambiente (1,20Kg/m³)
- θ_1 temperatura media de los gases por encima de la del ambiente de la capa flotante de humos en un depósito de humos (°C)

	Muelle	Cargabaterías
Relación sup. Evacuación / sup. Entrada de aire	1	1
Superficie aerodinámica necesaria por depósito de humos	4,16 m ²	6,24

Tabla 37. Superficie aerodinámica necesaria

A continuación seleccionamos el tipo de aireador y número de aireadores:

	Muelle	Cargabaterías
Tipo	EURA	EURA
Modelo	180-13	180-13
Coeficiente aerodinámico	0,6	0,6
Ancho Exutorio	1.800 mm	1.800 mm
Largo exutorio	2.920 mm	2.920 mm
Superf. Geométrica exutorio	5,26 m ²	5,26 m ²
Superf. aerodinámica exutorio	3,15 m ²	3,15 m ²
Ancho obstrucción	0 mm	0 mm
Aumentos superf. (doble obstrucción)	0 m ²	0 m ²
N° total exutorios por depósito	2	2

Nº total exutorios en la nave	2	2
-------------------------------	---	---

Tabla 38. Selección aireadores

El mod. EURA, está destinado a la ventilación natural diaria y a la evacuación de grandes volúmenes de aire y gases de combustión, sin consumo de energía. Construidos en aleación de aluminio para una protección permanente contra la corrosión. Elementos de rotación integrados en las lamas y fricción sobre casquillos de nylon resistente a los rayos UV. Todos los elementos del aireador quedan integrados dentro de un paraviento perimetral para evitar los efectos negativos de viento y con marcado CE de acuerdo a la norma 12101-2

En los planos adjuntos de planta se ubica los exutorios y aportación de aire exterior.

Dimensionado entradas de aire:

La relación a respetar entre la superficie de evacuación y la superficie de entrada de aire será (1/1). El reemplazamiento de aire será siempre debajo de la capa de humos donde éste entra en contacto con el humo.

Según nos permite la norma aplicada podemos utilizar el sector inmediato no afectado como aportación de aire al sector incendiado.

Esta aportación de aire es necesaria para elevar los humos con la mayor rapidez posible a los exutorios colocados en cubierta/fachada.

Así pues y según las necesidades de superficie aerodinámica de salida de aire estimada en el punto anterior, las características de las rejas de entrada de aire serán:

	Muelle	Cargabaterías
Modelo rejas	TROX UL-1	TROX WG-KUL
Dimensiones	1.600 x 815 mm	1.600 x 1.005 mm
Superficie geométrica	1,304 m ²	1,608 m ²
Superficie aerodinámica	0,85 m ²	1,045 m ²
Número rejas toma aire	5 unidades	6 unidades
Superficie aerodinámica total	4,25 m ² > 4,16 m ²	6,27 m ² > 6,24 m ²

Tabla 39. Selección rejas de entrada de aire

Dichas rejas irán instaladas en las fachadas y provistas de malla anti insectos, al tratarse de un almacenamiento de tipo alimentario.

Se facilitará al final de este documento la ficha técnica de cada uno de los elementos dispuestos en este apartado.

3.6.3. Sector 2

Dado que se trata de un sector de incendio con RIESGO BAJO, no necesitará ningún sistema de evacuación de humos según lo señalado en el Anexo II.7.1 del RSCIEI.

3.6.4. Sector 3

Dado que se trata de un sector de incendio con RIESGO BAJO, no necesitará ningún sistema de evacuación de humos según lo señalado en el Anexo II.7.1 del RSCIEI.

3.7. ALMACENAMIENTOS

Las cámaras de congelados del sector 1 dispondrán de un sistema de almacenaje independiente ya que solo soportan la mercancía almacenada y son elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta. El almacenaje también será manual, las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante operativa manual, con presencia de personas en el almacén.

3.7.1. Requisitos del sistema de almacenaje en estanterías metálicas

- Los materiales de bastidores, largueros, paneles metálicos, cerchas, vigas, pisos metálicos y otros elementos y accesorios que componen el sistema serán de acero de clase A1 (M0)
- Revestimientos pintados con espesores inferiores a 100 μ deben ser de la clase Bs3d0 (M1). Este revestimiento debe ser un material no inflamable. Revestimientos zincados de la misma clase que los anteriores.
- Para la estructura principal de sistemas de almacenaje con estanterías metálicas sobre rasante o bajo rasante sin sótano se podrán adoptar los valores siguientes:

Nivel de riesgo intrínseco	Sistema de almacenaje autoportante operado manual o automáticamente					
	Tipo A		Tipo B		Tipo C	
	Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua	
	NO	SI	NO	SI	NO	SI
Riesgo bajo	R 15	No se exige	No se exige	No se exige	No se exige	No se exige
Riesgo medio	R 30	R 15	R 15	No se exige	No se exige	No se exige
Riesgo alto			R 30	R 15	R 15	No se exige

Tabla 40. Resistencia al fuego de la estructura principal de sistemas de almacenaje

- La evacuación donde haya estos sistemas de almacenaje será la misma que la especificada en apartados anteriores.

3.7.1.1. Justificación requisitos almacenaje en estanterías metálicas

Se justifica a modo de tabla las exigencias del sistema de almacenamiento de las cámaras de congelados:

Requisito	Resistencia exigida	Resistencia proyecto
Materiales	A1 (M0)	A1 (M0)
Revestimientos pintados/zincados	Bs3d0 (M1)	Bs3d0 (M1)
Estructura principal	No se exige*	-

Tabla 41. Justificación resistencia al fuego sistema almacenaje

*Al ser el nivel de riesgo intrínseco MEDIO y TIPO C, no se exigirá ninguna resistencia si dispone de instalación de rociadores automáticos de agua.

3.7.2. Requisitos sistema de almacenaje en estanterías metálicas operadas manualmente

Para el caso que nos ocupa, el sistema de almacenamiento será operado manualmente, por el que se establecen los siguientes requisitos:

- Si dispone de sistema de rociadores automáticos, respetar las holguras para el buen funcionamiento del sistema.
- Las dimensiones de las estanterías no tendrán más limitación que la correspondiente al sistema de almacenaje diseñado.
- Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación deberán tener una anchura libre igual o mayor que 1 m.
- Los pasos transversales entre estanterías deberán estar distanciados entre sí en longitudes máximas de 10 m para almacenaje manual y 20 m para almacenaje mecanizado, longitudes que podrán duplicarse si la ocupación en la zona de almacén es inferior a 25 personas.

3.7.2.1. Justificación de almacenaje en estanterías metálicas operadas manualmente

Los pasos longitudinales y los recorridos de evacuación tienen una anchura de 3,7m. Los pasos transversales entre estanterías será <20 m por ser almacenaje manual y ocupación inferior a 25 personas.



Ilustración 2. Almacenaje

3.8. INSTALACIONES TÉCNICAS DE SERVICIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Las instalaciones de los servicios eléctricos, (incluyendo generación propia, distribución, toma, cesión y consumo de energía eléctrica), las instalaciones de energía térmica procedente de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos (incluyendo almacenamiento y distribución del combustible, aparatos o equipos de consumo y acondicionamiento térmico), las instalaciones frigoríficas, las instalaciones de empleo de energía mecánica (incluyendo generación, almacenamiento, distribución y aparatos o equipos de consumo de aire

comprimido) de los establecimientos industriales cumplirán los requisitos establecidos por los reglamentos vigentes que específicamente les afectan.

Los cables eléctricos que alimenten a equipos que deban permanecer en funcionamiento durante un incendio, deberán estar protegidos para mantener la corriente eléctrica durante el tiempo exigible a la estructura de la nave en que se encuentre.

3.9. RIESGO FORESTAL

El establecimiento industrial no se ubicará en terrenos cercanos a masas forestales.

4. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y la Orden de 16 de abril de 1998 sobre normas de procedimiento y desarrollo del mismo.

Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el número anterior, cumplirán los requisitos que, para ellos, establece el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y disposiciones que lo complementan.

4.1. SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

4.1.1. Sector 1

En el sector 1, en cumplimiento del RSCIEI, no será necesario instalar sistemas automáticos de detección de incendio ya que si concurre con un sistema de rociadores automáticos de agua (posteriormente justificado) quedará cancelada esta exigencia del sistema de detección según el apartado 11 del anexo III del RSCIEI.

4.1.2. Sector 2

En este sector, según el punto 3 del Anexo III del RSCIEI, no será necesario instalar sistemas automáticos de detección de incendios, debido a que se trata de un sector de un establecimiento industrial con configuración TIPO C y su nivel de riesgo intrínseco es BAJO.

4.1.3. Sector 3

Al igual que el sector 2, no será necesario instalar sistemas automáticos de detección de incendios, debido a que se trata de un sector de un establecimiento industrial con configuración TIPO C y su nivel de riesgo intrínseco es BAJO.

*en el apartado de simulación se verá como para poder evacuar en condiciones de seguridad será preciso la disposición de un sistema automático de detección.

4.1.4. Central de alarmas de control de detección de incendios

Se instalará una central de alarmas para la gestión de sistemas contra incendios del tipo convencional controlados individualmente.

La central será de tipo convencional y dispondrá de 8 zonas de hasta 100 módulos por lazo, marca NOTIFIER, o similar, con fuente de alimentación y de baterías de 24V, 6 A/h.

La central de incendios se instalará tal como viene reflejado en los planos adjuntos.

4.2. SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en los sectores de incendio de los establecimientos industriales, si:

- a) Actividades de producción, montaje, transformación, reparación:
 - Su superficie construida es de más de 1.000 m² o superior
 - No es necesaria la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios

- b) Actividades de almacenamiento:
 - Su superficie total construida es de 800 m² o superior
 - No se requiere la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, según el apartado 3.1 del anexo III del RSCIEI.

El sistema manual de alarma de incendio está compuesto por pulsadores manuales de alarma conectados a la central de tipo convencional, descrita en el punto anterior.

La ubicación de los pulsadores, será tal que se cumplirá lo siguiente:

- Se instalará un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio
- La distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta un pulsador no debe superar los 25m

4.2.1. Pulsadores de alarma de incendio

Se instalarán pulsadores de alarma de incendio en todos los sectores de incendio que forman el establecimiento industrial.

El pulsador de alarma a instalar, será de tipo convencional, rearmable y direccionable, con tapa de plástico basculante, precintable y anti sabotaje, con led indicador de estado y llave de prueba. La conexión al mismo se realizará mediante terminales.

El pulsador de incendio será marca NOTIFIER, mod. VSN o similar, con tensión de funcionamiento de 20 Vcc y una temperatura de funcionamiento de -25°C hasta +70°C.

La ubicación de los pulsadores es la que viene reflejada en los planos adjuntos y según la tabla siguiente:

Recinto	Uds
Sector 1	
Cámara 1	2
Cámara 2	2
Cámara 3	2
Muelle	2
Cargabaterías	1
<i>TOTAL SECTOR 1</i>	9
Sector 2	
Sala de máquinas	1
<i>TOTAL SECTOR 2</i>	1
Sector 3	
Sala de envasados PB	1
Sala envasados P1	1
<i>TOTAL SECTOR 3</i>	2
Total pulsadores establecimiento	12

Tabla 42. Pulsadores de alarma de incendio

4.2.2. Sirena de alarma

Se realizará una instalación de sirenas tanto de interior como de exterior, conexas a la central de alarma de incendio.

En el plano anexo se refleja el número y ubicación de las sirenas.

Las características de las sirenas de alarma son las siguientes:

4.2.2.1. Sirena de alarma interior convencional

La sirena interior de tipo convencional, con tono de potencia de hasta 103 dB y flash destallante de señalización de fuego, marca NOTIFIER, mod. NS4/R, o similar, con tensión de funcionamiento de 20 Vcc y una temperatura de funcionamiento de -25°C hasta +70°C.

4.2.2.2. Sirena de alarma exterior convencional

La sirena exterior de tipo convencional, con tono de potencia de hasta 103 dB y flash destallante de señalización de fuego, marca NOTIFIER, mod. MSE24, o similar, con tensión de funcionamiento de 20 Vcc y una temperatura de funcionamiento de -25°C hasta +70°C.

4.3. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

No será necesaria la instalación de sistemas de comunicación de alarma, ya que el establecimiento industrial contará con una superficie construida inferior a los 10.000 m².

4.4. SISTEMAS DE ABASTAECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS

4.4.1. Necesidades

Se instalará un sistema de abastecimiento de agua contra incendios en el establecimiento industrial, ya que es necesario para dar servicio en las condiciones de caudal, presión y reserva calculados a los sistemas de lucha contra incendios.

Para el caso que nos ocupa, las instalaciones previstas son:

- BIEs
- Rociadores automáticos

Cuando coexistan varios sistemas como es el caso que nos ocupa, el caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de operación mínima que se resumen en la tabla siguiente:

TIPO DE INSTALACIÓN	BIE [1]	HIDRANTES [2]	ROCIADORES AUTOMÁTICOS [3]	AGUA PULVERIZADA [4]	ESPUMA [5]	
[1] BIE	Q_B/R_B	(a) Q_H/R_H (b) Q_B+Q_H/R_B+R_H	Q_{RA}/R_{RA}			
		$0,5 Q_H+Q_{RA} \quad 0,5 R_H+R_{RA}$				
[2] HIDRANTES	(a) Q_H/R_H (b) Q_B+Q_H/R_B+R_H	$0,5 Q_H + Q_{RA}$ $0,5 R_H + R_{RA}$	Q_H/R_H	Q mayor R mayor (una instal.)	$0,5 Q_H + Q_{AP}/0,5 R_H + R_{AP}$	Q mayor, R mayor (una instal.)
[3] ROCIADORES AUTOMÁTICOS	Q_{RA}/R_{RA}		Q mayor R mayor (una instal.)	Q_{RA}/R_{RA}	Q mayor R mayor (una instal.)	Q mayor R mayor (una instal.)
[4] AGUA PULVERIZADA		Q mayor R mayor (una instal.)	$Q_{AP}+Q_E$ $R_{AP} + R_E$	Q mayor R mayor (una instalación)	Q_{AP}/R_{AP}	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$
[5] ESPUMA		Q mayor R mayor (una instal.)		Q mayor R mayor (una instalación)	$Q_{AP} + Q_E$ $R_{AP} + R_E$	Q_E/R_E

Ilustración 3. Cuadro resumen cálculo caudal con diferentes sistemas de extinción.

Por lo que a efectos de cálculo tan solo se tendrá en cuenta el caudal y reserva de agua de los rociadores automáticos.

En cuanto a los abastecimientos de agua combinados para suministrar más de un sistema fijo de lucha contra incendios, como BIEs y rociadores, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los sistemas deben ser calculados íntegramente
- El suministro debe ser capaz de dar la suma de caudales simultáneos máximos calculados para cada sistema. Los caudales deben ajustarse a la presión requerida por el sistema más exigente
- La duración debe ser igual o superior a la requerida por el sistema más exigente
- Se deben duplicar las conexiones desde el abastecimiento de agua hasta los sistemas.

La elección del grupo de bombeo y necesidades de reserva serán los resultantes de los cálculos del apartado de rociadores automáticos comentados más adelante, y que corresponden a los siguientes valores

Grupo de Bombeo	
Caudal (Q)	204 m ³ /h
Altura (H)	50 m.c.a
Reserva de agua	436 m ³

4.5. SISTEMA DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS

Los sistemas de bocas de incendio estarán equipadas por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para alimentación de agua y los equipos de bocas de incendio equipadas (BIE).

Se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales si:

- Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- Están ubicados en edificio de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior
- Están ubicados en edificio de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 200 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1000m² o superior.
- Están ubicados en edificio de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
- Son establecimientos de configuraciones de tipo D o E, su nivel de riesgo intrínseco es alto y la superficie ocupada es de 5.000 m² o superior.

Se cumplirán las siguientes condiciones hidráulicas:

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO 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

Tabla 43. Condiciones hidráulicas BIEs.

Las mangueras de las BIE de 45 mm serán flexibles, lo cual hará necesario desplegarla en su totalidad antes de abrir la válvula de paso de agua.

Sector 1

Dado que la superficie en este sector comprendido por las cámaras de congelados, el muelle de expedición y el cargabaterías es superior a 1000 m² en edificio de tipo C como se ha descrito anteriormente, y con un riesgo intrínseco MEDIO, dispondrá de sistema de bocas de incendio equipadas.

Se instalarán bocas de incendio equipadas DN 45 mm.

Sector 2

Este sector que comprende la sala de máquinas no dispondrá de sistema de bocas de incendio ya que en edificios tipo C con un riesgo intrínseco BAJO, el reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales no lo requiere.

Sector 3

Al igual que el sector anterior, el comprendido por las dos plantas de la sala de envasados tampoco requerirá de un sistema de bocas de incendio equipadas.

4.5.1. Dimensionado de la instalación de BIEs

4.5.1.1. Características generales de la red de BIEs

La red general del sistema de BIEs a instalar en el interior de las naves se realizará con tubería de acero galvanizado. El dimensionado de las tuberías se calcula a continuación y se puede ver reflejado en los planos de este documento.

La instalación de BIE, antes de su entrada al interior de la nave, dispondrá de una válvula de compuerta y un detector de flujo que estará conectado a la Central de Control de Detección. Se instalarán válvulas de seccionamiento en número suficiente para asegurar el abastecimiento de agua de averías parciales.

Las BIE se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 m de las salidas de cada sector de incendio. Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos lo suficientemente amplia para permitir sin dificultad el acceso y maniobra. La ubicación de estos sistemas se realizará correctamente de tal modo que se consiga su inmediata visión y quede asegurada la continuidad en su seguimiento, a fin de poder ser localizadas sin dificultad.

4.5.1.2. Características de dimensionado hidráulico

Además de los requisitos establecidos en el Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios para su disposición y características, se cumplirán las siguientes condiciones hidráulicas:

El caudal unitario será el correspondiente de aplicar a la presión dinámica disponible en la entrada de la BIE, cuando funcionen simultáneamente el número de BIEs indicado, el factor "K" del conjunto, proporcionado por el fabricante del equipo.

Se deberá comprobar que la presión en la boquilla no sea inferior a 2 bar ni superior a 5 bar, disponiendo, si fuera necesario, dispositivos reductores de presión.

Parámetros de diseño

Para el diseño de la instalación, se considera el caso más desfavorable, que en este caso es el de 2 BIE-45 simultáneamente durante 60 minutos.

Así pues se tiene que:

Cobertura	Ningún punto del local se hallará a más de 25 m. de una BIE. Las BIE se encontrarán próximas a salidas de evacuación.
Simultaneidad	Las 2 BIE hidráulicamente más desfavorables
Tiempo de autonomía	60 minutos.

Dichas BIEs están abastecidas por un grupo de presión contra incendios, ubicado en una caseta en el patio exterior trasero, tal como se refleja en los planos adjuntos. Se dispondrá también de una reserva de agua contra incendios. El grupo de presión cuenta con un motor eléctrico, una bomba jockey y un grupo diésel de reserva. Dicho grupo de presión abastece en condiciones de caudal y presión necesarias a las BIEs instaladas en el establecimiento industrial así como a los rociadores que más adelante se comentarán.

Cálculos hidráulicos

En primer lugar se determinará la necesidad de instalación de este sistema, lo cual ya se ha comentado al comienzo del apartado 4.5. según lo definido en el RSCIEI para establecimientos industriales. Ésta normativa fijará el tipo de BIE con un DN 45 mm a efectos de cálculo.

La longitud nominal de estos sistemas con BIE 45 mm y mangueras flexibles no deberá ser superior a 20 m, por lo que el radio de acción será de 25 m (longitud de la manguera + 5 m). Estarán dispuestas a una distancia máxima de las salidas de 5 m y la separación entre dos BIE no será mayor de 50 m dado que la distancia desde cualquier punto a una BIE ha de ser 25 m.

El tiempo de autonomía será de 60 min (1 hora) y se calcularán con funcionamiento simultáneo de las 2 BIE más desfavorables. La presión dinámica mínima en el orificio de salida (boquilla) será como se ha comentado antes de 2 bar (20,4 m.c.a.) a 5 bar (51 m.c.a.), por lo que tomando una presión de 2 bar resulta la siguiente velocidad mínima:

$$20,4 \text{ m. c. a.} = \frac{v^2}{2g} \rightarrow v_{\text{mínima}} = 20 \text{ m/s}$$

Teniendo en cuenta la sección de la boquilla que para una BIE 45 mm el RSCIEI requiere una sección equivalente de 13 mm, podemos calcular el caudal mínimo de la BIE.

$$Q_{\text{mínimo}} = v_{\text{mínima}} \cdot A_{\text{boquilla}} = v_{\text{mínima}} \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{boquilla}}^2}{4} = 20 \cdot \frac{\pi \cdot 0,013^2}{4} = 0,00265 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 159,3 \text{ lpm}$$

Las pérdidas de carga máximas que puede originar una BIE de 45 mm vienen dadas en la norma UNE-EN 671-2 en función del diámetro de la boquilla, que para un diámetro de 13mm será 85. La presión en el manómetro será la siguiente:

$$P_{\text{manómetro}} (\text{bar}) = \frac{1}{K_{\text{BIE}}^2} \cdot Q^2 (\text{lpm}) = \frac{1}{85^2} \cdot 159,3^2 = 3,5 \text{ bar}$$

Así pues, las especificaciones de diseño serán un caudal mínimo de **159,3 lpm** y una presión mínima en el manómetro de **3,5 bar**.

A continuación se dimensionarán las tuberías de acero galvanizado, para ello se considerará unas pérdidas unitarias de diseño de $j=100\text{mm.c.a./m} = 0,1 \text{ m.c.a./m}$.

- Tubería que alimenta 1 BIE de 45 mm

$$Q = 159,3 \text{ lpm} = 0,00266 \text{ m}^3\text{s}$$

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot j}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,03 \cdot 0,00266^2}{\pi^2 \cdot 9,81 \cdot 0,1}} = 0,0446 \text{ m} = 44,6 \text{ mm}$$

Acero galvanizado DN 2" (diámetro interior = 53,1 mm)

- Tubería que alimenta 2 BIE de 45 mm

$$Q = 2 \cdot 159,3 \text{ lpm} = 0,00533 \text{ m}^3\text{s}$$

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot j}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 0,03 \cdot 0,00533^2}{\pi^2 \cdot 9,81 \cdot 0,1}} = 0,0588 \text{ m} = 58,8 \text{ mm}$$

Acero DN 2 1/2" (diámetro interior = 68,9 mm)

El grupo de presión y la reserva de agua necesaria como se ha comentado en el apartado de sistema de abastecimiento contra incendios se definirá en el apartado de rociadores automáticos por ser éstos los más exigentes en cuanto a presión y caudal.

Comprobación de las exigencias del sistema con Epanet

En primer lugar, trazaremos la red de bocas de incendio equipadas en epanet, para ello previamente se habrán definido en planos la ubicación exacta de la BIEs y grupo de presión, así como las cotas de todos los nudos que formarán la instalación.

Como medida de "tanteo" para conocer las propiedades del grupo de presión que hará falta, disponemos de un depósito, el cual se aumentará de cota hasta cumplir las exigencias tanto de caudal como de presión adecuadas en las BIEs. Por lo que subiendo el depósito a una cota de 42m cumplimos los requisitos.

Habrà que introducir el coeficiente emisor en epanet a las BIEs más desfavorables. Con ello indicaremos que en ese nudo tenemos una salida de agua y epanet lo representará mediante el símbolo de un rombo.

Para introducir el coeficiente emisor, antes deberemos hacer un cambio de unidades:

$$K_{BIE} = 85 \frac{l}{\text{min} \cdot (\text{bar})^{1/2}} = \frac{85}{60 \cdot \sqrt{10,2}} = 0,44 \cong 0,45 \frac{l}{\text{s} \cdot (\text{m.c.a.})^{1/2}}$$

A continuación se muestra una imagen del trazado ya introducido en epanet y calculado según las indicaciones que se han visto para un primer "tanteo" con depósito:

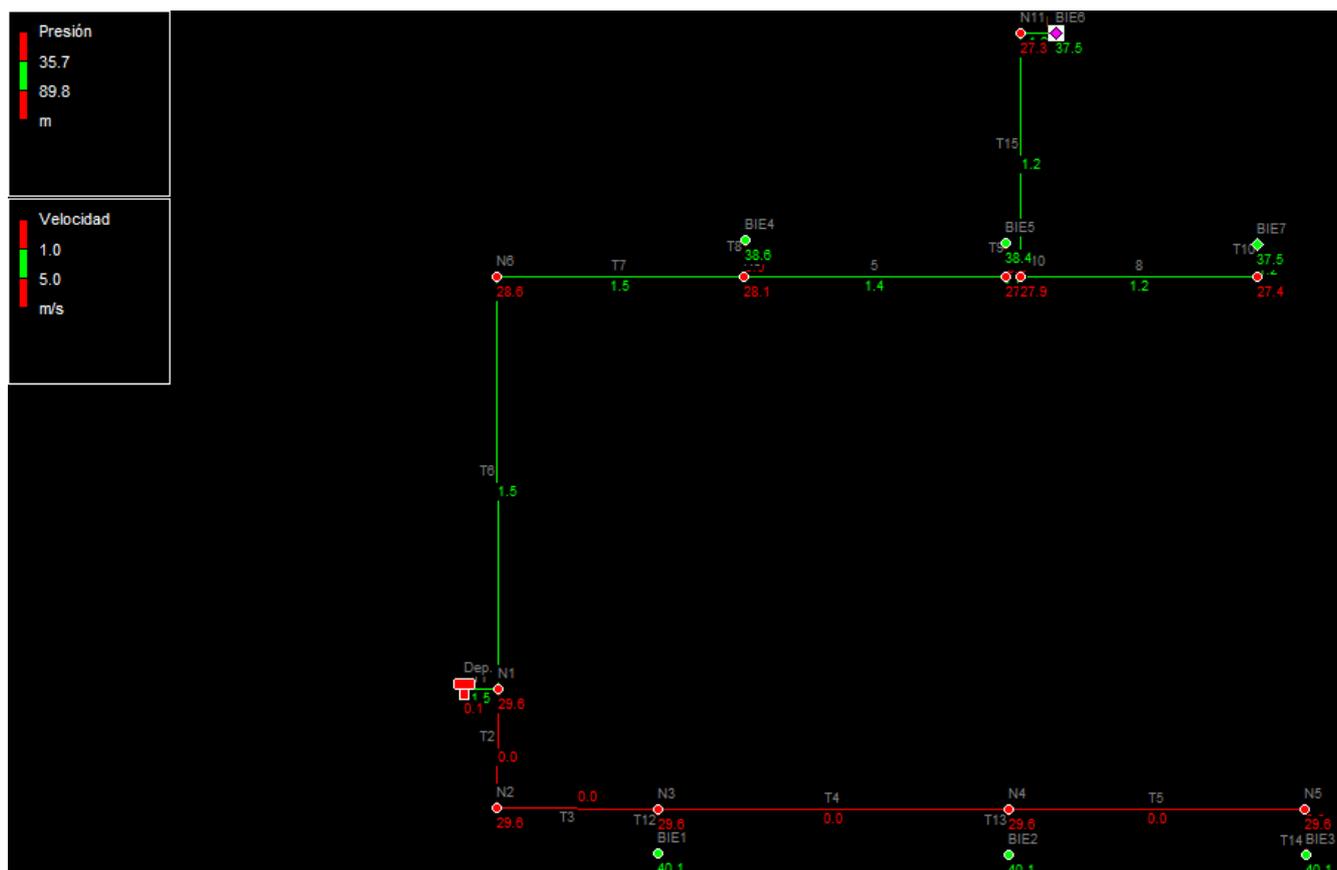


Ilustración 4. Cálculo epanet BIEs para un primer tanteo

Podemos observar que con la altura de 42 m que le hemos dado al depósito, conseguimos que en las BIEs más desfavorables (BIE 6 y BIE 7) la presión en el manómetro supere los 3,5 bar, que son 35,7 m.c.a aproximadamente y no sobrepase de 89,8 m.c.a. (8,8 bar) como se indica también en la leyenda. La velocidad que se estima adecuada en estas instalaciones será entre 1 y 5 m/s por lo que también cumplimos ese aspecto. En la imagen epanet representa de color verde los parámetros que son adecuados.

Se representa a modo de tabla los parámetros de las BIEs más desfavorables:

ID Nudo	Cota (m)	Demanda (LPS)	Presión (m.c.a)
BIE 6	1,5	2,8	37,5
BIE 7	1,5	2,8	37,5

Tabla 44. Parámetros BIEs más desfavorables

Una vez predimensionada la instalación de BIEs procederemos a elegir una bomba comercial de catálogo, para ello utilizamos el modelo FOC N de la casa comercial IDEAL, ya que cumple los requisitos de altura manométrica que necesitamos:

Q (m ³ /h)	204
H (m.c.a)	50

Para modelar una bomba en epanet hay que introducir su curva característica (relación entre la altura y el caudal de la bomba)

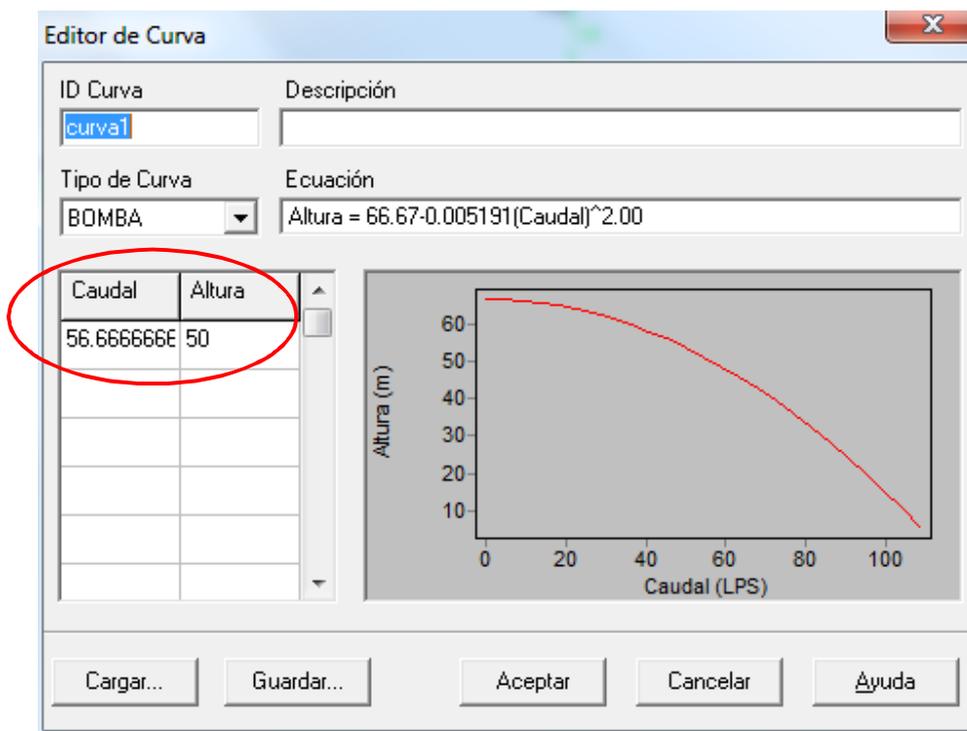


Ilustración 5. Modelado curva bomba Epanet

Se introduce el grupo de presión en epanet y se baja el depósito a la cota de -1,8 m que será su ubicación real, a continuación se comprueba que la bomba escogida satisface los requisitos deseados. La siguiente imagen muestra el resultado del cálculo:

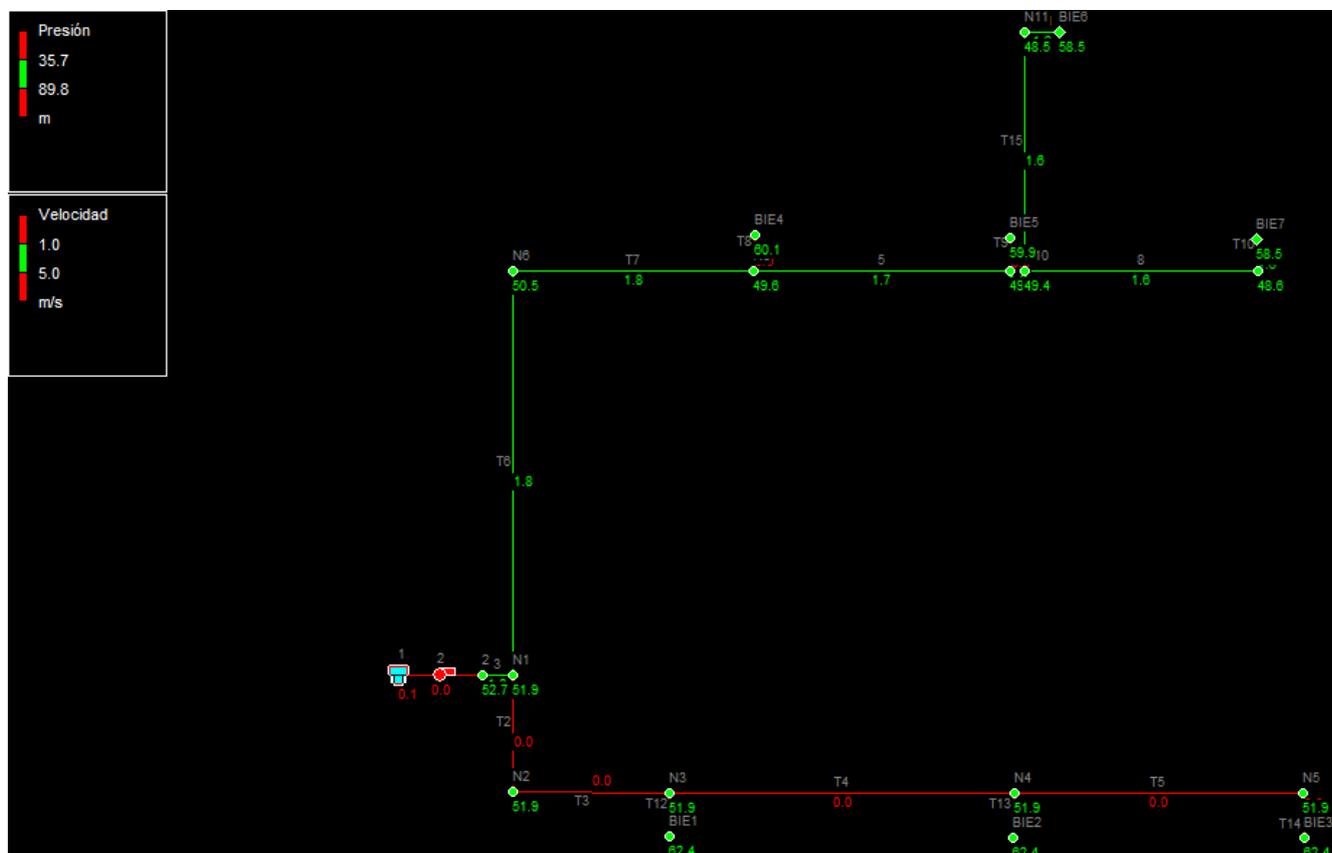


Ilustración 6. Cálculo Epanet BIEs con bomba

En la imagen observamos como la bomba escogida funciona correctamente, ya que la presión en el manómetro de las BIEs más desfavorables supera los 35,7 m.c.a de presión mínima y no sobrepasa los límites de presión máxima de 89,8 m.c.a, por lo que la elección podemos decir que es adecuada.

Parámetros de las BIEs más desfavorables:

ID Nudo	Cota (m)	Demanda (LPS)	Presión (m.c.a)
BIE 6	1,5	3,4	58,5
BIE 7	1,5	3,4	58,5

Tabla 45. Parámetro BIEs más desfavorables con bomba

Cabe comentar que el grupo de bombeo escogido es un poco superior al realmente necesario, por ello los valores tienden a ser elevados, pero siempre dentro de los límites, con ello conseguiremos que este modelo sea también válido para la instalación de rociadores como se comprobará más adelante.

La reserva de agua necesaria para alimentar las bocas de incendio se establecerá con el caudal de las BIEs más favorables hidráulicamente por lo que activaremos el coeficiente emisor de las más cercanas y comprobaremos cual es su demanda. La tabla siguiente muestra los parámetros obtenidos:

ID Nudo	Cota (m)	Demanda (LPS)	Presión (m.c.a)
BIE 1	1,5	3,5	58,5
BIE 2	1,5	3,5	58,5

Tabla 46. Parámetros BIEs más favorables con bomba

Con esto, y sabiendo que la autonomía son 60 minutos, hallamos la reserva de agua necesaria:

$$3,5 \text{ l/s} = 0,21 \text{ m}^3/\text{min} \cdot 60 \text{ min} \cdot 2 \text{ BIEs} = \mathbf{25,2 \text{ m}^3}$$

Visto anteriormente el apartado de sistema de abastecimiento de agua, esta reserva no será la definitiva, ya que tan solo se tendrá en cuenta la reserva y caudal que posteriormente se calculará en el apartado de instalación de rociadores automáticos, por ser ésta la más desfavorable y la reserva que nos exige la norma.

4.5.1.3. Características de las BIEs

Las características de las bocas de incendio equipadas a instalar BIE-DN 45 mm, son:

- Armario: 635 mm x 500 mm x 120 mm. Pintado en rojo RAL 3000
- Manguera: Plana de 45 mm de 20 m
- Lanza: de 45 mm de diámetro y tres efectos

La ubicación, el número y características de las bocas de incendio equipadas del establecimiento industrial, es el siguiente:

Recinto	BIE	Uds
Sector 1		
Cámara 1	BIE-45	1
Cámara 2	BIE-45	1
Cámara 3	BIE-45	1

Muelle	BIE-45	3
Cargabaterías	BIE-45	1
<i>TOTAL SECTOR 1</i>		7
Total BIE establecimiento		7

Tabla 47. Bocas de incendio equipadas

Se evitará la disposición de BIEs en el interior de las cámaras de congelación por posible congelación del agua en el interior de las tuberías.

4.6. SISTEMA DE COLUMNA SECA

No será de aplicación este sistema dado que aunque sea el edificio de riesgo intrínseco medio, su altura de evacuación es inferior a 15 m.

4.7. SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores si:

- Lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales o específicas, de acuerdo con el artículo 1 del RSCIEI.
- Concurren las circunstancias que se reflejan en la siguiente tabla:

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m ²)	Riesgo intrínseco		
		Bajo	Medio	Alto
A	≥ 300	NO	SI	SI
	≥ 1.000	SI	SI	SI
B	≥ 1.000	NO	NO	SI
	≥ 2.500	NO	SI	SI
	≥ 3.500	SI	SI	SI
C	≥ 2.000	NO	NO	SI
	≥ 3.500	NO	SI	SI
D	≥ 5.000	SI	SI	SI
	≥ 15.000		SI	SI

Tabla 48. Tabla 3.1 RSCIEI

Comprobamos la necesidad de hidrantes en los sectores de incendio del establecimiento:

	Superficie (m ²)	Configuración Zona	Riesgo intrínseco	Necesidad
Sector 1	3.434,8	C	MEDIO-5	NO
Sector 2	250,0	C	BAJO-2	NO
Sector 3	567,6	C	BAJO-2	NO

Tabla 49. Necesidad de hidrantes exteriores

4.8. SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS

4.8.1. Necesidades

Según el RSCIEI se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen:

a) Actividades de producción si:

1. Están ubicados en edificio de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 500 m² o superior.
2. Están ubicados en edificio de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2500 m² o superior.
3. Están ubicados en edificio de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.
4. Están ubicados en edificio de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3500 m² o superior.
5. Están ubicados en edificio de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.

b) Actividades de almacenamiento si:

1. Están ubicados en edificios de tipo A, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
2. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 1500 m² o superior.
3. Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 800 m² o superior.
4. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2000 m² o superior.
5. Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m² o superior.

Por lo que teniendo en cuenta lo anterior lo aplicamos a los sectores de incendio del establecimiento:

Sector 1

Este sector consta de una superficie total construida de 3434,8 m². Está compuesto tanto por actividades de almacenamiento como de producción por lo que se decide asemejarlo a la de almacén por ser la actividad de

mayor superficie del sector. Teniendo esto en cuenta y estar ubicado en un edificio tipo C con riesgo intrínseco medio y superficie total construida superior a 2.000 m², dispondrá de sistema de rociadores automáticos.

Sector 2

El sector 2 tiene una actividad de producción y riesgo intrínseco bajo por lo que no requerirá de sistema de rociadores automáticos.

Sector 3

Al igual que el sector anterior, el correspondiente a las salas de envasados por tener un nivel de riesgo intrínseco bajo no dispondrá de este sistema.

4.8.2. Diseño de sistemas de rociadores

Calculado previamente la necesidad de instalar sistema de rociadores automáticos según lo definido en el RSCIEI anexo III en su art. 11. y explicado en el apartado anterior de esta memoria, determinaremos la clase de riesgo del sector 1 según la norma UNE-EN 12845:2005, para ello dividiremos el sector por zonas de cálculo, por una parte las cámaras de congelados y por otro el muelle y el cargabaterías.

4.8.2.1. Cámaras de congelados

El anexo C de la UNE-EN 12845 en su tabla C.1 determina la categoría de los productos almacenados. Las cámaras se destinarán a almacenar en su gran mayoría pescado congelado por lo que se asimila con "Carne refrigerada o congelada" que tiene una categoría II.

Fósforos	III	
Colchones	IV	Con plástico expandido
Colchones	II	Distintos de los de plástico expandido
Carne	II	Refrigerada o congelada
Artículos metálicos	I	
Leche en polvo	II	En bolsas o en sacos
Material de oficina	III	

Ilustración 7. Determinación categoría productos almacenados

Dado que las cámaras están a una temperatura de -20°C, la combustión de la carga térmica que forma esta zona se hace realmente difícil. Aun así la normativa no tiene en cuenta esto y obliga por tener una altura de almacenamiento superior al límite establecido en la tabla 1 del apartado 6 a tener un riesgo extra de almacenamiento (REA).

Altura almacenamiento	9,90 m
Tipo almacenamiento	Paletas autoportantes (ST3)

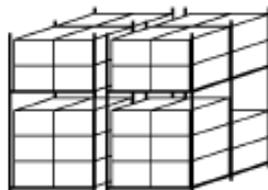


Ilustración 8. Paletas autoportantes (ST3)

Categoría de almacenamiento	Altura máxima de almacenamiento (véase la nota 1) m	
	Almacenamiento libre o en bloques (ST1-véase 6.3.2)	Demás casos (ST2 – ST6 – véase 6.3.2)
Categoría I	4,0	3,5
Categoría II	3,0	2,6
Categoría III	2,1	1,7
Categoría IV	1,2	1,2

Nota: Para alturas de almacenamiento superiores a estas. Véanse en los apartados 6.2.3.1 y 7.2

Tabla 50. Tabla 1-Alturas máximas de almacenamiento

Vemos en la tabla anterior como para la configuración de almacenaje que tenemos, la altura de almacenamiento la supera con creces la altura límite, es por eso que se toma un riesgo extra de almacenamiento.

Para las configuraciones de almacenamiento ST3, existen unas limitaciones, por ello se limita el almacenamiento a bloques con una superficie en planta no superior a 150 m², quedando así cada una de las cámaras con dos "islas" de almacenamiento. Los pasillos que separan los bloques de almacenamiento no tendrán una anchura inferior a 2,4 m. Estos requisitos de superficie de almacenamiento y anchura de separación de bloques vienen recogidos en la tabla 2 de la UNE-EN 12845:2005.

El sistema elegido de rociadores será de tubería seca ya que evitará que las tuberías de agua del interior de la nave se congelen. En este sistema cuando el rociador se activa, la pérdida de presión en el sistema permite la apertura de la clapeta de la válvula, llenando el sistema con agua. En sistemas grandes (más de 2,5 m³) se puede incorporar un acelerador para aumentar la velocidad de apertura de la válvula. Un dispositivo integral anti-inundación evita los problemas de paso de agua al acelerador. El flujo de agua desde la cámara intermedia de la válvula activa un presostato que hace sonar la alarma eléctrica, hidromecánica o ambas.



Ilustración 9. Sistema de tubería seca.

La protección con rociadores se hará tanto en techo como repartidos por las estanterías (rociadores intermedios) ya que la altura de almacenamiento es de 9,90 m, superando así el límite establecido de altura para rociadores sólo en el techo para instalaciones REA según la tabla 4 de la misma UNE:

Configuración de almacenamiento	Altura máxima permitida de almacenamiento (m)				Densidad de diseño mm/min	Área de operación (Sistema mojado o acción previa) m ²
	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV		
ST1 Libre o en bloques	5,3	4,1	2,9	1,6	7,5	260
	6,5	5,0	3,5	2,0	10,0	
	7,6	5,9	4,1	2,3	12,5	
		6,7	4,7	2,7	15,0	
		7,5	5,2	3,0	17,5	
			5,7	3,3	20,0	300
			6,3	3,6	22,5	
			6,7	3,8	25,0	
			7,2	4,1	27,5	
			4,4	3,0	30,0	
ST2 Paletas autoportantes en filas sencillas.	4,7	3,4	2,2	1,6	7,5	260
	5,7	4,2	2,6	2,0	10,0	
	6,8	5,0	3,2	2,3	12,5	
		5,6	3,7	2,7	15,0	
		6,0	4,1	3,0	17,5	
ST4 Estanterías paletizadas			4,4	3,3	20,0	300
			4,8	3,6	22,5	
			5,3	3,8	25,0	
			5,6	4,1	27,5	
			6,0	4,4	30,0	

ST3 Paletas autoportantes en filas múltiples	4,7	3,4	2,2	1,6	7,5	260
	5,7	4,2	2,6	2,0	10,0	
ST5 y ST6 Estantes sólidos o abiertos		5,0	3,2	2,3	12,5	
				2,7	15,0	
				3,0	17,5	

NOTA 1: Se toma el valor más alto de la tabla, o la distancia vertical desde el suelo hasta el deflector de los rociadores menos 1m, si ésta es inferior.
NOTA 2: Se deberían evitar los sistemas secos y alternos en REA, especialmente en el caso de los productos de mayor combustibilidad (las categorías altas) y de los almacenamientos más altos. Si a pesar de ello fuera necesario instalar un sistema seco o alternativo, el área de operación se debería aumentar un 25%.

Tabla 51. Tabla 4-Criterios de diseño para instalaciones REA con protección sólo en techo

La tabla 5, indica cuales son los parámetros de diseño para los rociadores de techo donde existen rociadores intermedios:

Configuración de almacenamiento	Altura máxima de almacenamiento por encima del nivel más alto de rociadores intermedios (m)				Densidad de diseño (mm/min)	Área de operación (sistema mojado o de acción previa (m²))
	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV		
ST4 Estanterías paletizadas	3,5	3,4	2,2	1,6	7,5	260
			2,6	2,0	10,0	
			3,2	2,3	12,5	
			3,5	2,7	15,0	
ST5 y ST6 Estantes sólidos o abiertos	3,5	3,4	2,2	1,6	7,5	260
			2,6	2,0	10,0	
			3,2	2,3	12,5	
				2,7	15,0	

NOTA 1: La distancia desde el nivel más alto de rociadores intermedios hasta la parte superior de almacenamiento.
NOTA 2: Se deberían evita los sistemas secos y alternos en REA, especialmente en el caso de los productos de mayor combustibilidad (las categorías altas) y de los almacenamientos más altos. Si a pesar de ello fuera necesario instalar un sistema seco o alternativo, el área de operación se debería aumentar un 25%.

Tabla 52. Tabla 5-Criterios de diseño para rociadores de techo donde existen rociadores intermedios

En el apartado 7.2.2. de esta normativa dice así "Para alturas de almacenamiento que sobrepasen estos límites (tabla 4) o donde la distancia entre la parte superior del almacenamiento y el techo supere los 4 m, se deben instalar rociadores intermedios en las estanterías de acuerdo con el apartado 7.2.3". Por lo que superando el límite de la tabla 4 y no estando el tipo de estantería ST3 escogido en la tabla 5, se estiman los siguientes valores tomando como referencia a los indicados en dichas tablas conjuntamente:

	Categoría	Densidad de diseño (mm/min)	Área de operación (m²)	Altura máxima de almacenamiento por encima de rociador intermedio (m)
Rociadores techo	II	12,5	325	-
Rociadores intermedios	II	12,5	-	3,4

Tabla 53. Valores predeterminados para el diseño de inst. rociadores

El área de actuación para sistemas de tubería seca como se indica en la NOTA 2 de la tabla 5 se aumentará un 25% la superficie de actuación indicada, por lo que $260 \cdot 1,25$ será la superficie de actuación.

Dado que por las propias características de las estanterías, éstas se presentan móviles y por lo tanto con posibilidad de desplazarse, se tendrá especial cuidado en el trazado de las tuberías de los rociadores intermedios y presupuesto en la elevación de las mercancías por los operarios de las cámaras.

En los planos se representa mediante alzado, la disposición de estas tuberías y rociadores.

Se instalarán rociadores de ampolla por lo que la temperatura de funcionamiento se establece en el apartado 14.4 de la presente norma que regula los sistemas de rociadores. La temperatura de funcionamiento se aconseja que sea ligeramente superior a 30°C por encima de la temperatura ambiente más alta prevista, dado que es una cámara de congelados y la temperatura rondará los -20°C, sería adecuado disponer los rociadores con temperatura de funcionamiento más pequeña, aunque se dispondrán los de ampolla roja que son los más frecuentes a nivel comercial, su temperatura de funcionamiento son 68°C.

En la tabla 37 del apartado 14.2.1 se establece el factor K para las diferentes clases de riesgo, tomaremos los valores de REA para rociadores de techo e intermedios con una densidad de diseño > 10 mm/min para rociadores convencionales ya que previamente en la tabla anterior se ha establecido una densidad de diseño de 12,5 mm/min. Veámos a continuación la tabla con los factores K seleccionados para el diseño:

Clase de riesgo	Densidad de diseño mm/min	Tipo de rociador	Factor K nominal
RL	2,25	Convencional o pulverizador, semiempotrado, pulverizador plano, empotrado o escondido de pared	57
RO	5,0	Convencional o pulverizador, semiempotrado, pulverizador plano, empotrado o escondido de pared	80
REP y REA Rociadores de techo	≤ 10	Convencional o pulverizador	80 ó 115
	> 10	Convencional o pulverizador	115
REA rociadores intermedio en almacenamientos altos		Convencional, pulverizador o pulverizador plano	80 ó 115

Tabla 54. Tabla 37-Tipos de rociador y factor K para diferentes clases de riesgo

El diámetro nominal del orificio de los rociadores será 15 mm y su correspondiente rosca será de 1/2" de acuerdo con la Norma Internacional ISO-7-1 que regula los accesorios roscados.

La duración mínima para la que estará diseñado la instalación de rociadores de las cámaras de congelados será de 90 minutos según el apartado 8.1.1. para riesgos extra de almacenamiento.

Para hallar la superficie máxima de cobertura por rociador habrá que irse a la tabla 19, para los rociadores que no sean de pared, como son los de techo de las cámaras. Seleccionamos la configuración normal:

Clase de riesgo	Superficie máxima por rociador (m²)	Distancias máximas en la figura 8 (m)		
		Configuración normal S y D	Al tresbolillo	
			S	D
RL	21,0	4,6	4,6	4,6

RO	12,0	4,0	4,6	4,0
REP y REA	9,0	3,7	3,7	3,7

Tabla 55. Tabla 19-Superficie máxima y separación para rociadores (excepto de pared)

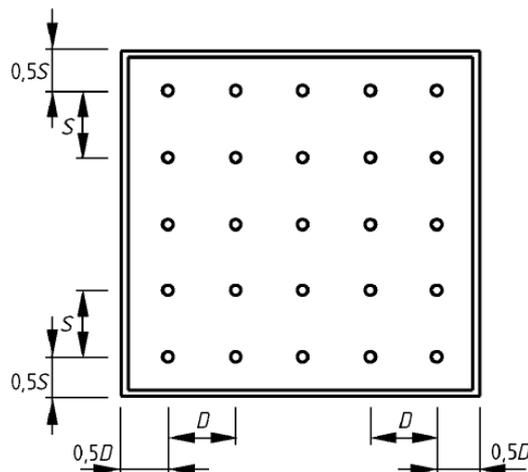


Ilustración 10. Figura 8-Separación para rociadores de techo

La ubicación definitiva de los rociadores se puede ver en los planos adjuntos al final de este documento.

La presión en el rociador más desfavorable cuando estén funcionando todos los rociadores del área de operación será de 0,5 bar en REA para los rociadores de techo y 1,0 bar para los rociadores intermedios con factor K = 115 según el apartado 13.4.4 de la UNE-EN 12845:2005, estos valores son mínimos.

En la tabla 36 se establece el diámetro mínimo de la tubería:

Clase de riesgo	Diámetro (mm)
RL	20
Tubo RO y RE horizontal y montante conectando un rociador con factor K igual o inferior a 80	20
Otros	25

Tabla 56. Tabla 36-Diámetro mínimo de tubería

Dado que es REA con un factor K = 115, el diámetro mínimo de la tubería será de 25 mm.

El número de rociadores que funcionan simultáneamente se calculará dividiendo el área de operación por la superficie máxima por rociador:

$$N^{\circ} \text{ rociadores simultáneos} = \frac{\text{Área de operación}}{\text{Superficie máx. rociador}} = \frac{325}{9} = 36,1 = 37 \text{ rociadores}$$

Calculamos a continuación el caudal mínimo que deberá haber en el rociador más desfavorable hidráulicamente:

$$Q_{\text{mínimo}} = d \cdot s = 12,5 \frac{l}{\text{min} \cdot \text{m}^2} \cdot 9 \text{ m}^2 = 112,5 \text{ lpm}$$

Para el dimensionado de las tuberías se considerarán unas pérdidas unitarias de diseño de $j = 0,1$ m.c.a. y se calculará su dimensión mediante la expresión de Darcy-Weisbach:

$$D = \sqrt[5]{\frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot j}}$$

La siguiente tabla muestra los diámetros comerciales más empleados para tuberías de acero y que servirán de base para conocer la dimensión real de las tuberías. Debemos emplear el diámetro comercial inmediatamente superior al de cálculo:

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro nominal (mm)	Diámetro interior (mm)
¾"	20	21,7
1"	25	27,3
1 ¼"	32	36,0
1 ½"	40	41,9
2"	50	53,1
2 ½"	65	68,9
3"	80	80,9
4"	100	105,3
5"	125	129,7
6"	150	155,1

Tabla 57. Diámetros comerciales tuberías acero

En los planos se recoge el diámetro de cada una de las tuberías que forman la red de rociadores. También se adjuntará un anexo al final de este documento con las tablas del cálculo en Epanet.

4.8.2.2. Muelle y cargabaterías

Al igual que se ha ido comentando para la zona de cámaras de congelados el criterio para el diseño y elección de rociadores para la zona del muelle y cargabaterías se realizará del mismo modo. Ambas zonas completarán el sector 1 donde se hace necesaria la instalación de rociadores automáticos.

A modo de tabla se detallan todos los parámetros tenidos en cuenta para el dimensionamiento de los rociadores en estas dos zonas:

Tipo de riesgo	RO3 "sala (técnica) de máquinas construcciones agrícolas" (Tabla A.2)
Densidad de diseño	5,0 mm/min (Tabla 3)
Tipo sistema tubería	Tubería mojada
Área de operación	216 m ²
Autonomía	60 minutos (Ap. 8.1.1)
Presión mínima rociador	0,35 bar (Ap.13.4.4)
Factor K nominal	80 (Tabla 37)
Superficie máxima rociadores	12,0 m ² (Tabla 19)
Distancia máxima rociadores	4,0 m (Tabla 19)
Diámetro min. tubería	20 (Tabla 36)
Nº rociadores simultáneos	18 rociadores
Q_{mínimo}	60 lpm

Tabla 58. Parámetros para el diseño de rociadores de muelle y cargabaterías

La dimensión de las tuberías se hallará con la ecuación de Darcy-Weisbach, se tomará el diámetro inmediatamente superior de la tabla de tuberías de acero ya comentada en el apartado de las cámaras de congelados.

4.8.3. Comprobación de las exigencias del sistema con Epanet

Al igual que se han comprobado las exigencias del sistema para las bocas de incendio, se comprobará con Epanet que la instalación de rociadores automáticos también cumple los requisitos de diseño que establece la UNE-EN 12845:2005.

Para determinar cuál es la presión y caudal que se necesita para abastecer a los rociadores en condiciones óptimas, se empleará un método que consiste en la disposición de un depósito de abastecimiento de agua, el cual se irá aumentando de cota hasta alcanzar las condiciones de caudal y presión que deseamos en los rociadores automáticos. Las condiciones a cumplir en los rociadores de las cámaras de congelados serán las siguientes:

Velocidad en tuberías (m/s)	1,50 – 10,0
Presión mínima (bar)	0,50 (5,1 m.c.a.)
Caudal mínimo (lps)	1,875 (112,5 lpm)

Tabla 59. Exigencias diseño rociadores techo cámaras congelados

Por lo que para cumplir estas condiciones se ha tenido que elevar un depósito a cota +36m para los rociadores más desfavorables hidráulicamente, que serán los más alejados y por supuesto los más elevados en altura, que serán los rociadores de techo de cámara situados a una cota de 12m. La siguiente imagen muestra la tabla de propiedades del depósito que se ha dispuesto:

Propiedad	Valor
*ID Depósito	Dep.
Coordenada-X	11.51
Coordenada-Y	4495.81
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	35
*Nivel Inicial	1
*Nivel Mínimo	0
*Nivel Máximo	1
*Diámetro	50
Volumen Mínimo	
Curva de Volumen	
Modelo de Mezcla	Mezcla
Fracción Mezcla	
Coef. de Reacción	
Calidad Inicial	
Fuente de Calidad	
Caudal Neto Entrante	-77.47
Cota	36.00
Presión	1.00
Calidad	0.00

Ilustración 11. Propiedades depósito para cumplir exigencias de rociadores

Como datos relevantes a destacar en esta imagen, son la cota, que como se ha comentado antes es de +36m (35+1); y el caudal que sale del depósito de 77,47lps (279m³/h). Comprobamos que el depósito dimensionado es suficiente para abastecer los rociadores más desfavorables, para ello se dibuja en Epanet el tramo de rociadores más alejados y se dejan abiertos los 37 más desfavorables, que son las unidades simultáneas para los que se dimensiona la instalación según el área de actuación determinada en anteriores apartados para las cámaras de congelación. El coeficiente emisor de estos se introducirá en Epanet en las unidades adecuadas, por lo que debe de realizar un cambio de unidades en la “K” que se nos proporciona en la norma.

$$K_{ROCIADOR} = 115 \frac{l}{min \cdot (bar)^{1/2}} = \frac{115}{60 \cdot \sqrt{10,2}} = 0,60 \frac{l}{s \cdot (m. c. a.)^{1/2}}$$

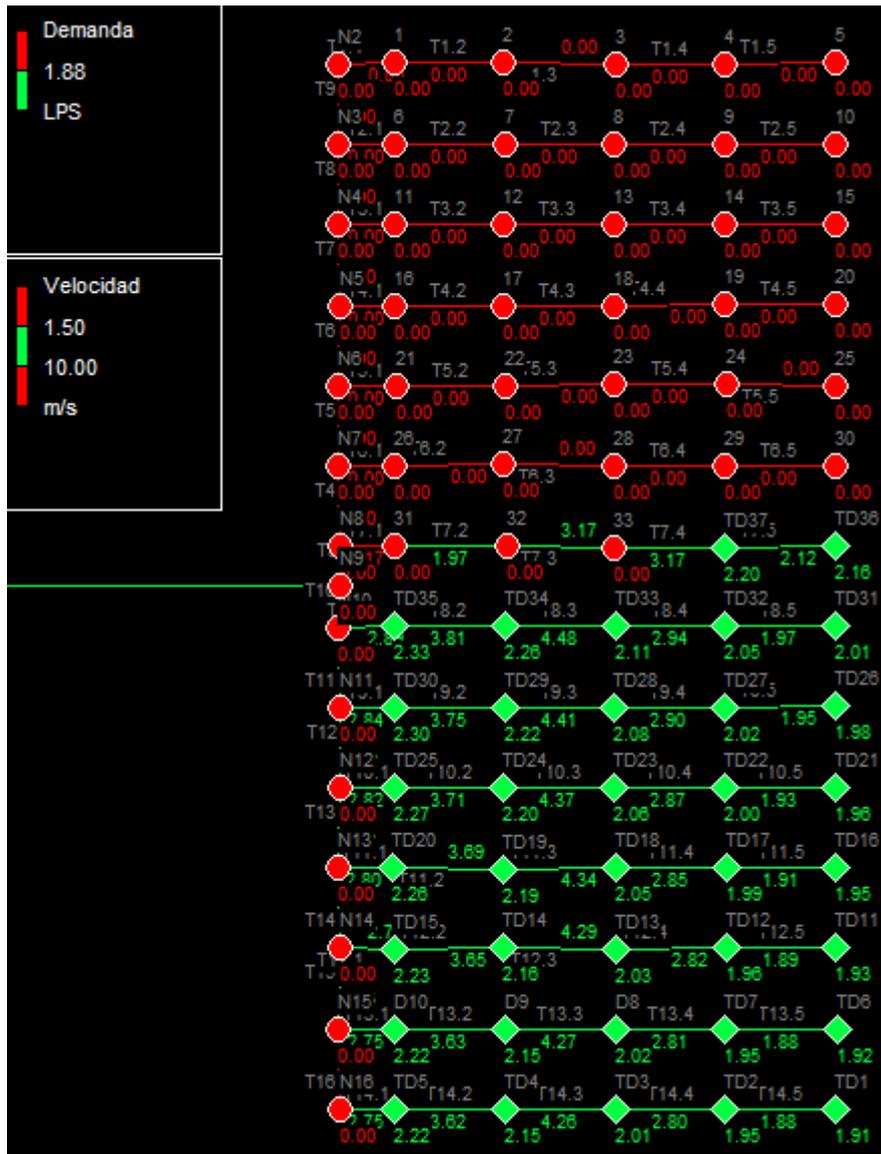


Ilustración 12. Cumplimiento exigencias rociadores techo desfavorables

Mediante el símbolo de un rombo en los nudos, se identifican los rociadores en los que se ha dispuesto coeficiente emisor y por tanto quedan abiertos al paso del agua. En color verde se representan los rociadores que cumplen las exigencias de diseño anteriormente descritas en cuanto a velocidad y demanda. La presión en el nudo (rociador) más desfavorable es de 10,17 m.c.a. por lo que también es superior a la presión de 0,50 bar que exige la normativa.

Predimensionada la instalación con un depósito situado a cota +36m y con un caudal de salida de agua de 77,47lps, se determinará las condiciones del grupo de bombeo que será necesario. Un grupo de bombeo adecuado podría ser el mismo empleado para BIEs, modelo FOC N casa comercial IDEAL, ya que cumple los requisitos de altura manométrica que necesitamos. Las características del grupo serán las siguientes:

Q (m ³ /h)	204
H (m.c.a)	50

A continuación introduciremos su curva características en Epanet en las unidades adecuadas y se comprobará que la bomba es adecuada:

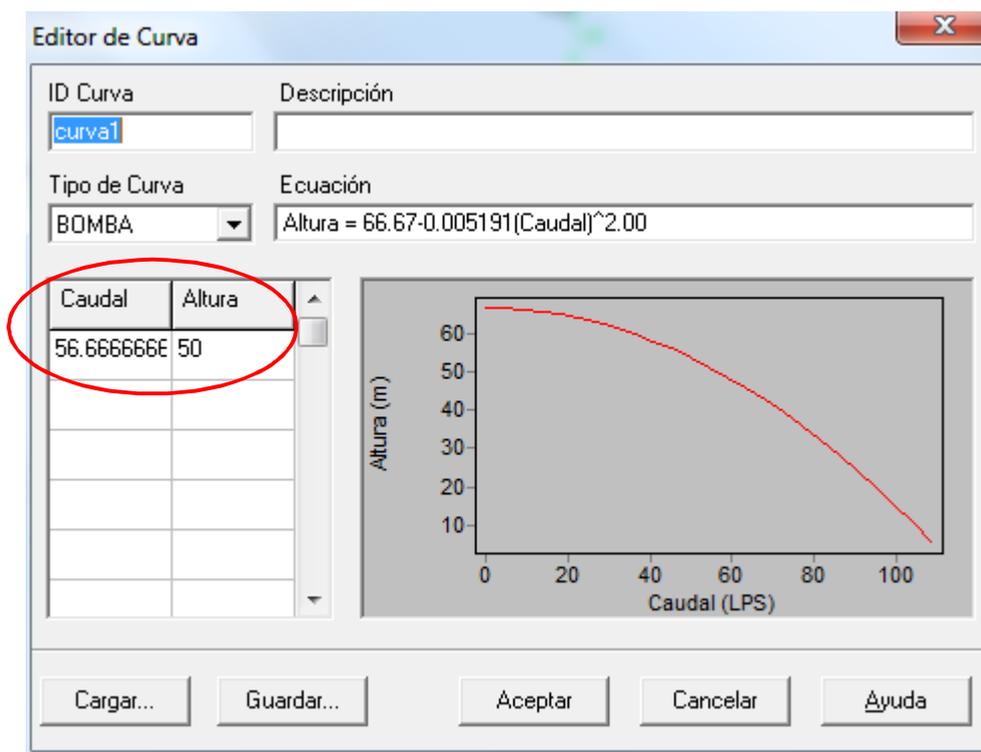


Ilustración 13. Curva característica grupo de bombeo

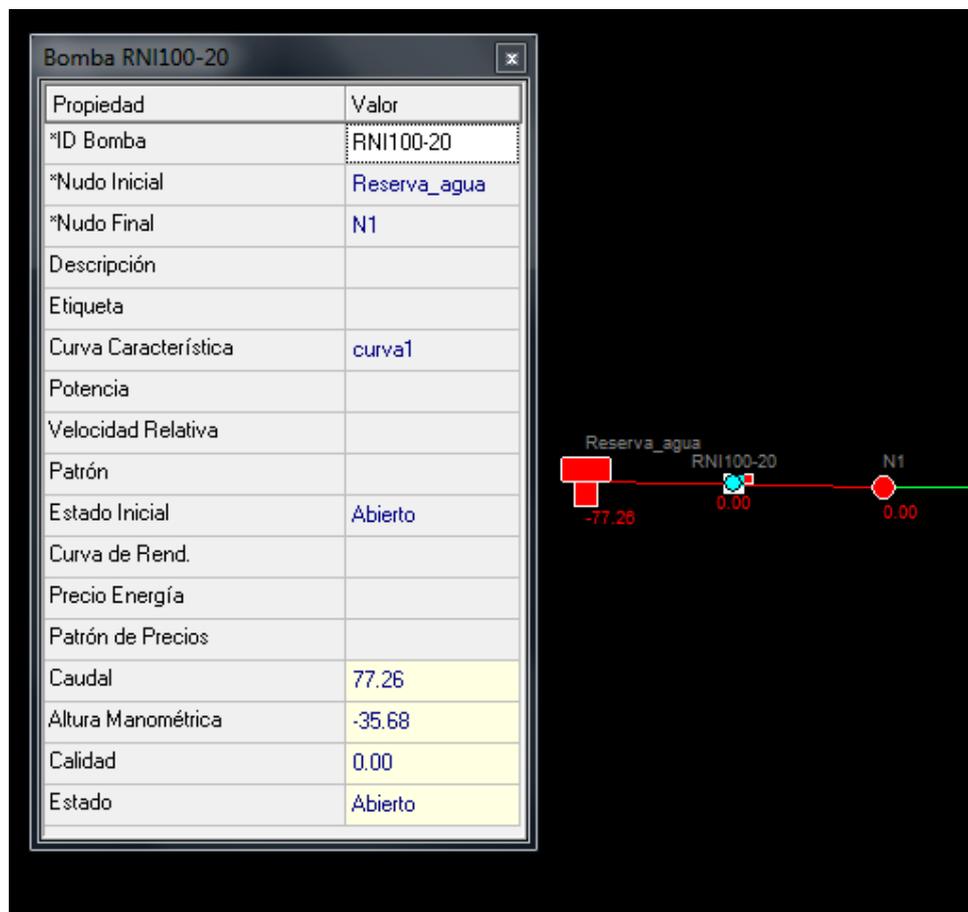


Ilustración 14. Modelado Epanet con la bomba seleccionada

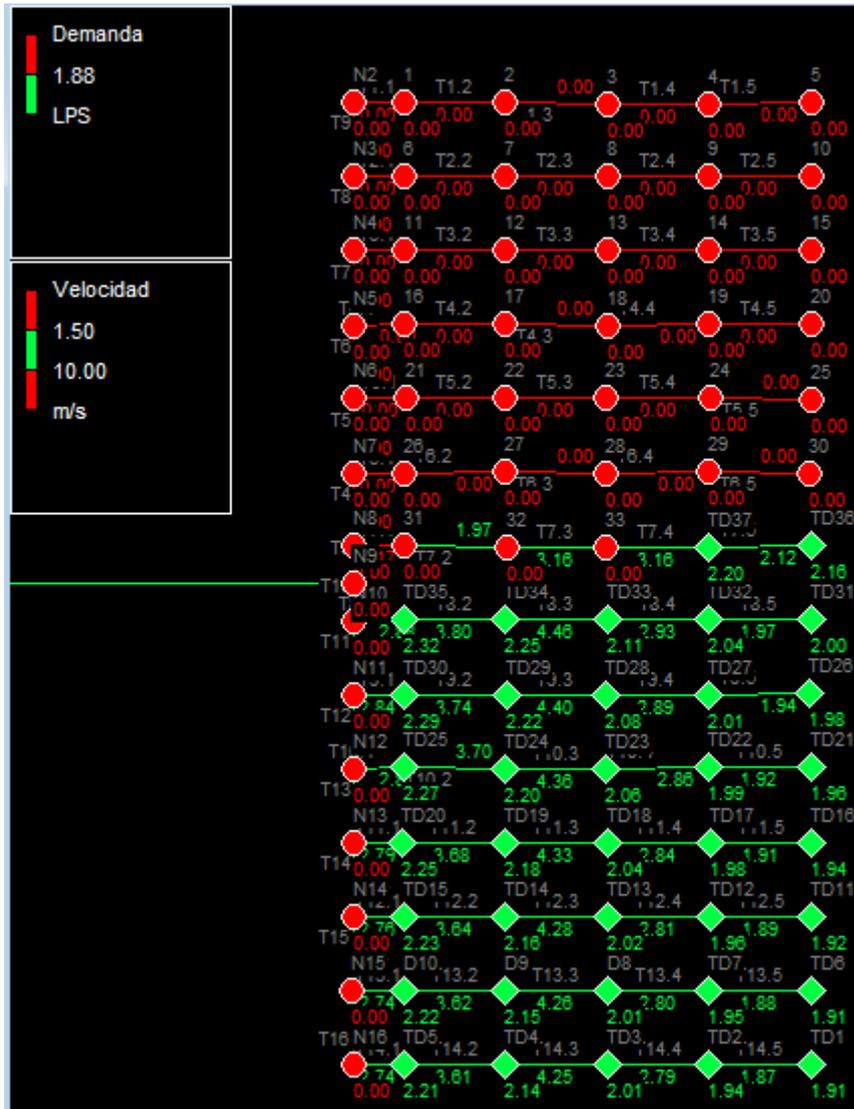


Ilustración 15. Cumplimiento exigencias rociadores techo con bomba

Observamos como la demanda en el nudo "TD1" que es el más desfavorable hidráulicamente, es adecuada por superar el mínimo de 112 lpm (1,875 lps), por lo que al no ser este valor muy holgado respecto al mínimo, un grupo de presión de menores prestaciones no nos proporcionaría los valores que necesitamos.

Visto y dimensionada la zona de rociadores más desfavorables, habrá que comprobar que no sobrepasamos el límite de velocidad en las tuberías de la zona más favorable y que la demanda y presión en ellos es también la adecuada. Más importante todavía para la zona de rociadores más favorables será determinar la reserva de agua necesaria, ya que si disponemos los mismos diámetros de tubería que para la zona más desfavorable nos llegará un mayor caudal a éstos y por lo tanto la reserva de agua será superior.

Para el dimensionado de la zona favorable hidráulicamente de rociadores de techo disponemos el mismo grupo de presión, que impulsará el agua que le es proporcionada por un aljibe/balsa (todavía con volumen desconocido) que aunque no se haya comentado para la zona más desfavorable, estará en las dos situaciones a una cota de -1,80 al igual que el grupo de presión, con esto evitaremos en la medida de lo posible que no se produzca cavitación en la tubería de aspiración del grupo de bombeo. Una vez dibujada en Epanet la zona que se quiere comprobar se calcula y obtenemos los siguientes resultados:

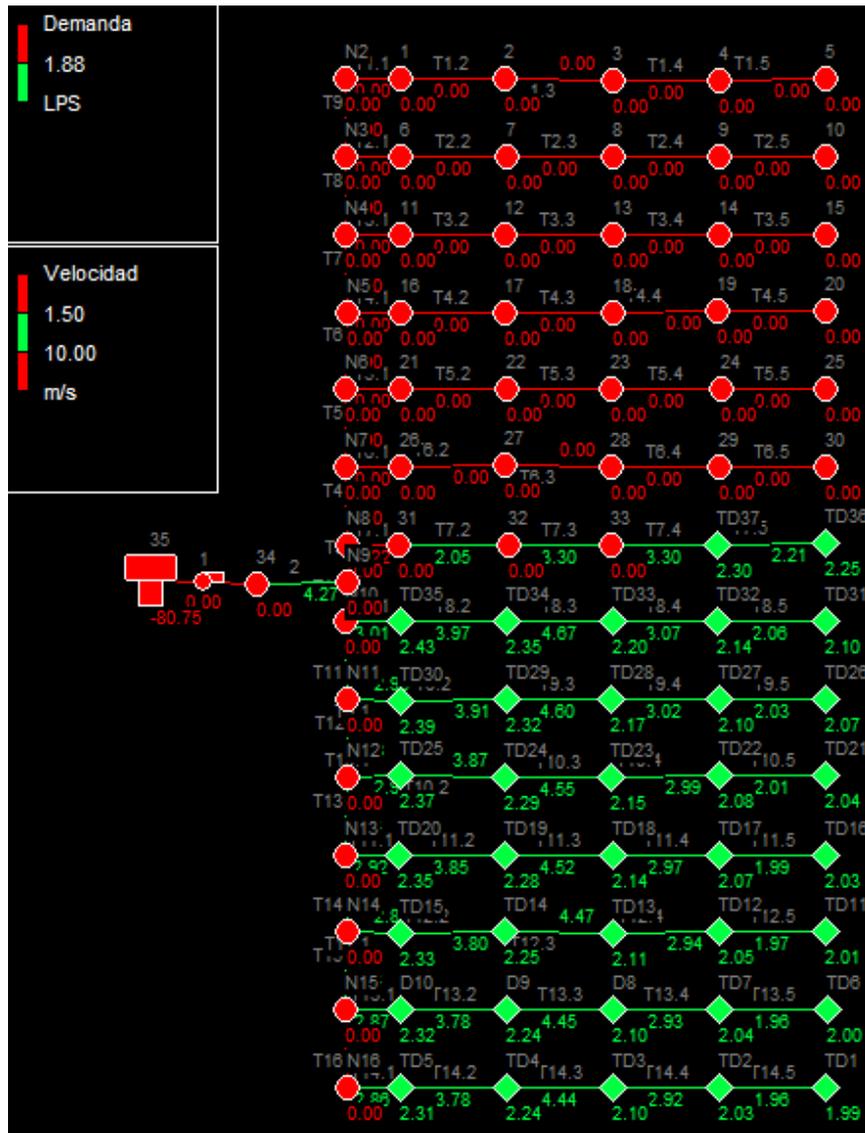


Ilustración 16. Cumplimiento exigencia rociadores techo favorables

Observamos como las velocidades en las tuberías y las demandas en los rociadores que están abiertos son adecuadas es por ello que tengan el color verde. Las presiones en los nudos tanto de la situación más favorable como de la situación más desfavorables siguen siendo totalmente válidas, superando los 0,5 bar de requisito exigido.

El depósito nos indica que la demanda que necesita abastecer a estos rociadores es de 80,75lps (4,845 m³/min) por lo que ya se puede calcular el volumen del depósito que necesitamos, ya que no habrá ninguna zona de actuación con más número de rociadores, más densidad de diseño y más autonomía de rociadores más favorables y con más demanda que ésta. Es por ello que determinamos el volumen del depósito:

$$volumen\ reserva = Q_{m\acute{a}ximo} \cdot t_{autonom\acute{a}} = 4,845 \frac{m^3}{min} \cdot 90\ minutos = 436m^3$$

Dada la abundante reserva de agua que hay que almacenar se decide disponer una balsa abierta junto al grupo de bombeo. Las dimensiones y características de la balsa serán las expresadas a continuación:

Altura	3,9 m
Superficie	112 m ²
Cota	-1,8 m

Por lo que el volumen total almacenado será de 437 m³ > 436 m³ necesarios.

En los anexos de este documento se adjuntará a modo de tabla los resultados de todos los nudos y tuberías en lo que a caudal, presión, demanda y cota se refiere como justificación de cumplimiento de las soluciones adoptadas. En la sección de planos se puede ver esquemas del trazado y ubicación de los mismos con su denominación y diámetro.

4.8.4. Diseño de rociadores intermedios

Únicamente existirán estos rociadores en el almacén de congelados, debido, como se ha comentado anteriormente a la gran altura de almacenamiento que existe, superando así los límites establecidos para que con tan solo los rociadores de techo la protección sea totalmente eficiente.

El trazado de las tuberías de estos rociadores será de tal forma que no impida la colocación de cargas de mercancía por encima de ellos, por lo que se dispondrán lo más cerca posible a las montantes de las estanterías, por debajo de los largueros. Las tuberías vendrán dispuestas de tal forma que se permita el desplazamiento de las estanterías ya que éstas se presentan móviles, y esto se conseguirá con un trazado de tuberías paralelo al de las estanterías.

Las condiciones que deberán cumplir los rociadores intermedios son:

	Categoría	Densidad de diseño (mm/min)	Altura máxima de almacenamiento por encima de rociador intermedio (m)
Rociadores intermedios	II	12,5	3,4

Tabla 60. Exigencias diseño rociadores intermedios

La presión en los mencionados rociadores será mínimo de 1,0 bar (10,2 m.c.a.) con factor K = 115 como se indica en el apartado 13.4.4 de la UNE-EN 12845:2005.

Cuando existan más de 50 rociadores intermedios en estanterías, éstos deben tener un puesto de control independiente del de los rociadores de techo, con un diámetro no inferior a 100mm.

Según apartado 7.2.3.3 a efectos de cálculo hidráulico, se debe suponer el funcionamiento simultáneo de tres rociadores en cada nivel de rociadores intermedios, hasta un máximo de tres niveles, en la posición hidráulicamente más lejana. Si la anchura de los pasillos es igual o superior a 2,4m sólo hace falta contar con el funcionamiento de una estantería. Si su anchura es inferior a 2,4m pero no inferior a 1,2m, se debe suponer el funcionamiento de dos estanterías. En aquellos casos en los que la anchura sea inferior a 1,2m, se debe suponer el funcionamiento de tres estanterías.

Anchura de pasillos (a)	Número de filas (n)
$a \geq 2,4 \text{ m}$	1
$2,4 \text{ m} > a > 1,2 \text{ m}$	2
$a < 1,2$	3

Tabla 61. Simultaneidad de filas para rociadores intermedios

Por lo que aplicándolo a nuestro caso en concreto, las estanterías dejan un espacio para el pasillo $> 2,4\text{m}$ lo que hace que únicamente se necesite una simultaneidad de 3 rociadores en una sola fila, por los dos niveles que se van a disponer, haciendo un total de 6 rociadores simultáneos.

Con esto estimamos que el caudal a través de los rociadores situados a menor cota y más favorables hidráulicamente no supera la reserva de agua necesaria calculada anteriormente y por lo tanto no se tienen en cuenta para la reserva de agua necesaria, a pesar de ello se adjunta un plano con la denominación de las tuberías, trazado y diámetro en los planos y se introduce en el anejo al final del documento los resultados del cálculo en Epanet por tubería y nudo.

4.8.4.1. Generalidades rociadores intermedios

Los rociadores que protejan estanterías de fila doble se deberán instalar en las chimeneas longitudinales, preferentemente en la intersección con la chimenea transversal.

Se garantizará que el agua de los rociadores intermedios pueda penetrar en los productos almacenados. Los productos almacenados en estanterías y situados sin un pasillo entremedio deben tener una separación no inferior a $0,15\text{m}$, instalando topes si hiciese falta. Entre los deflectores y la parte superior de los productos tiene que haber una separación vertical no inferior a $0,10\text{m}$ en el caso de pulverización plano y $0,15\text{m}$ en el resto de casos.

La separación vertical entre el suelo y la fila más baja de rociadores intermedios, así como entre dos filas, debe ser igual o inferior a $3,50\text{m}$ y en ningún caso de más de dos niveles de producto. No se instalará una fila adicional encima del nivel superior de almacenamiento ya que los rociadores de techo están situados a menos de 4m por encima de éste.

Para los productos de categoría II, se deben instalar los rociadores en la chimenea longitudinal en la intersección con cada segunda chimenea transversal, distribuidos al tresbolillo con respecto a los de la próxima fila más alta (ver imagen figura 13). La separación horizontal entre rociadores no debe superar los $3,75\text{m}$, y el producto de la separación horizontal y de la vertical no debe ser superior a $9,8\text{m}^2$.

En este caso en particular la distancia horizontal se ha establecido en $2,8\text{m}$ por lo que con la separación vertical de $3,30\text{m}$ que se dispone hace una superficie de $9,25 <$ que el límite de $9,8 \text{ m}^2$.

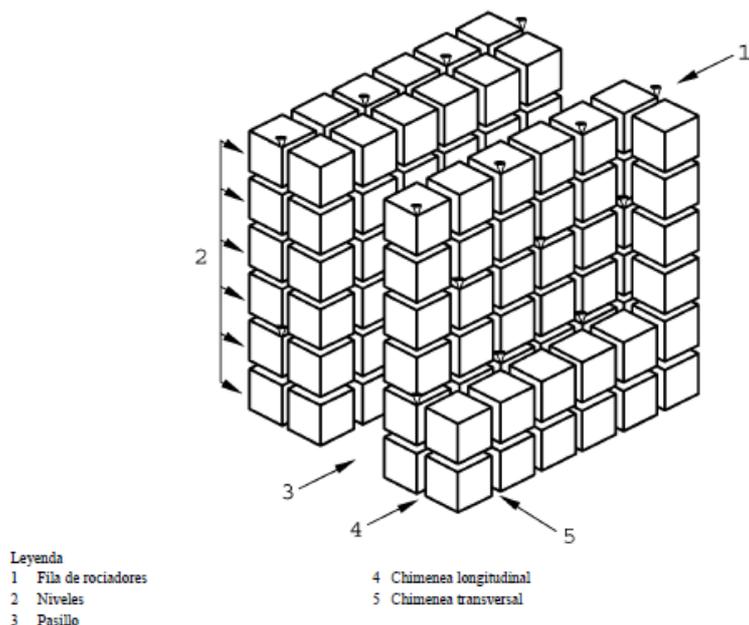


Ilustración 17. Figura 13-Distribución de rociadores intermedios categoría I y II

En los planos de este trabajo/proyecto también se indica a modo de detalle la solución adoptada en cuanto a trazado de las tuberías y disposición de los rociadores intermedios a través de las estanterías.

4.8.5. Grupo de bombeo

Calculado mediante software la instalación de BIEs y rociadores, y comprobando que la solución adoptada cumple las exigencias que se han establecido para ambos casos, se dispone finalmente para el grupo de bombeo el modelo FOC N cuyas características son las siguientes:

Q (m ³ /h)	204
H (m.c.a.)	50
Bomba principal	RNI 100-20
HP	60
Jockey	VIP 20 T-2

Tabla 62. Parámetros principales grupo de bombeo

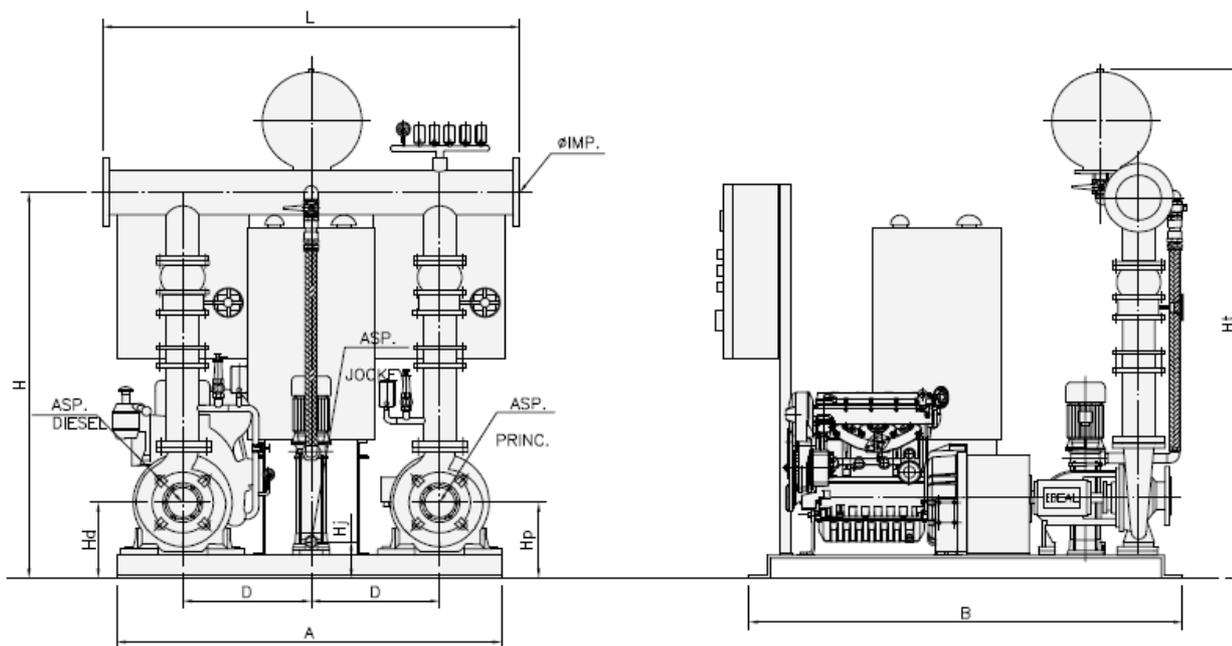


Ilustración 18. Grupo de bombeo

Se dispondrá una bomba diésel que nos proporcione las mismas condiciones de presión y caudal que la eléctrica por lo que la dimensión final del conjunto será:

L	A	C	E	a	H	DNc
1850 mm	1960 mm	650 mm	83 mm	140 mm	1549 mm	150 mm

Tabla 63. Dimensiones del conjunto de grupo de bombeo

Lo componentes principales son:

- Bomba Principal Eléctrica
- Bomba Principal Diésel
- Bomba auxiliar jockey
- Acumulador de membrana
- Válvulas de retención
- Válvulas de regulación de husillo ascendente
- Conjunto de presostatos y manómetro
- Válvula limitadora de presión
- Presostato de seguridad "Bomba en Marcha"
- Motor eléctrico
- Motor Diésel
- Colector de impulsión
- Cuadros eléctricos de arranque y control
- Colector de pruebas y caudalímetro

La bomba principal suministrará el caudal y presión requeridos por el sistema, capaz de impulsar como mínimo el 140% del caudal nominal a una presión no inferior al 70% de su presión nominal. Se utiliza la bomba tipo "RNI" de bombas ideal construida según DIN 24255. Los elementos que están en contacto con el agua bombeada y sometidos a fricción son de material resistente a la corrosión siendo el impulsor y los anillos de desgaste en bronce y el eje de la bomba en acero inoxidable.

El manguito de acoplamiento a motor eléctrico o diésel será del tipo semielástico con distanciador lo cual permite el desmontaje del impulsor sin necesidad de desembridar la bomba ni desmontar el motor. Por el propio diseño del cuerpo de bomba no precisa de purgador de aire.

La bomba auxiliar o jockey será de tipo vertical multicelular de pequeño caudal que servirá para mantener presurizada la red contra incendios. El arranque y paro se controla mediante un presostato de forma automática. El cuadro de control dispone de un contador del número de arranques para controlar la posible existencia de fugas en la instalación.

El motor eléctrico será asíncrono, protección IP-55 y aislamiento clase F. La potencia nominal en servicio continuo S-1.

En cuanto al motor Diesel, funcionando en régimen estacionario, la potencia nominal, superior a la máxima consumida por la bomba, vendrá definida por la norma ISO 3046/1-96 a la velocidad de funcionamiento establecida.

Bajo ningún concepto se cortará el seccionador general del circuito de bomba contra incendios, situada en el armario del cuadro de control.

4.8.6. Reserva de agua

Como ya se ha comentado, se dispondrá de un depósito tipo balsa abierta con una reserva de agua lo suficientemente grande para abastecer al incendio más desfavorable en cuanto a cantidad de agua. La parte inferior del depósito estará situado a una profundidad de -1,80m y la parte superior del depósito a +2,1m. El grupo de bombeo se dispondrá en un recinto a la misma profundidad que el depósito de agua.

Las paredes que forman el perímetro de la balsa se ejecutarán con muro de hormigón armado hasta cota +0,0m a partir de la cual se le dará la altura necesaria indicada de 2,10m mediante bloque de hormigón. La balsa estará cubierta por una lona en su parte superior para evitar que puedan quedar depositados restos de materiales que son arrastrados por la acción del viento y evitar que el conducto de aspiración de la bomba pueda quedar obstruido.

4.9. EXTINTORES DE INCENDIOS

Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

El agente extintor utilizado será seleccionado de acuerdo con la tabla I-1 del apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios, aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre. Actualmente esta normativa no está vigente por la aprobación de la nueva revisión 23 del RIPCI, pero es un claro referente para conocer el extintor que mejor se adecua a nuestro incendio.

Agente extintor	Clase de fuego según U.N.E. 23.010			
	A (sólidos)	B (líquidos)	C (gases)	D (metales pesad.)
Agua pulverizada	xxx (2)	x		
Agua a chorro	xx (2)			
Polvo BC		xxx	xx	
Polvo ABC	xx	xx	xx	
Polvo específico metales				xx
Espuma física	xx (2)	xx		
Anhídrido carbónico	x (1)	x		
siendo: xxx Muy aceptable xx Adecuado x Aceptable				
NOTA.- (1) En fuegos profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse xx (2) En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua ni la espuma, el resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado				

Tabla 64. Tabla I-1-Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego

En función de la clase de fuego del sector de incendio sea A ó B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio de acuerdo con la tabla 3.1 y la tabla 3.2 del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales, que son:

DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE A		
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 ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

Tabla 65. Tabla 3.1-Determinación de la dotación de extintores para combustibles de clase A

VOLUMEN MÁXIMO DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE B				
	VOLUMEN MÁXIMO, V, DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO			
	V ≤ 20	20 < V ≤ 50	50 < V ≤ 100	100 < V ≤ 200
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

Tabla 66. Tabla 3.2-Determinación de la dotación de extintores para combustibles clase B

No se permite el empleo de agentes extintores conductores de la electricidad sobre fuegos que se desarrollan en presencia de aparatos, cuadros, conductores y otros elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 V. La protección de éstos se realizará con extintores de dióxido de carbono, o polvo seco BC o ABC, cuya carga se determinará según el tamaño del objeto protegido con un valor mínimo de 5 Kg de dióxido de carbono y 6 Kg de polvo seco BC o ABC.

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución, será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

El número y características de los extintores instalados en el establecimiento industrial, es el siguiente:

Recinto	Extintor	Uds
Sector 1		
Cámara 1	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	6
Cámara 2	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	6
Cámara 3	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	6
Muelle	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	3
Cargabaterías	CO ₂ ef. 55B (5 Kg)	1
	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	1
TOTAL SECTOR 1		23
Sector 2		
Sala de máquinas	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	2
	CO ₂ ef. 55B (5 Kg)	2
TOTAL SECTOR 2		4
Sector 3		
Sala envasados PB	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	2
	CO ₂ ef. 55B (5 Kg)	1
Sala envasados P1	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	2

Recinto	Extintor	Uds
TOTAL SECTOR 3		5
Total extintores establecimiento		32
La ubicación es la que viene reflejada en el plano adjunto.		

Tabla 67. Extintores

4.10. SISTEMA DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

4.10.1. Alumbrado de emergencia de las vías de evacuación

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación, los sectores de incendio de los edificios industriales, cuando:

- Estén situados en planta bajo rasante
- Estén situados en cualquier planta sobre rasante, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.
- En cualquier caso, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 25 personas.

Se ha considerado que la ocupación máxima del establecimiento industrial es de 30 personas, por lo que es necesaria la instalación de alumbrado de emergencia en las vías de evacuación.

4.10.2. Alumbrado de emergencia

Por otro lado, contarán con una instalación de alumbrado de emergencia:

- Los locales o espacios donde estén instalados cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios, (citadas en el anexo II.8 del Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales), o de los procesos que se desarrollan en el establecimiento industrial.
- Los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales o los cuadros de control de los sistemas de protección contra incendios.

La instalación de alumbrado de emergencia viene recogida en los planos adjuntos.

Características y condiciones de la instalación de alumbrado emergencia

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

- Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo en el 70 por 100 de su tensión nominal de servicio.
- Mantendrá las condiciones de servicio, que se relacionan a continuación, durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- Proporcionará una iluminancia de 1 lux, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.

- La iluminancia será, como mínimo, de 5 lux en los espacios definidos en el apartado de alumbrado de emergencia.
- La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.
- Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

Se cumplirá también lo recogido en el DB SU 4, Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada, del Código Técnico de la Edificación.

4.11. SEÑALIZACIÓN

Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

La señalización deberá seguir las siguientes normas: UNE 23033, UNE 23034 y UNE 23035.

4.11.1. Señalización de los medios de evacuación

Según apartado 7, Señalización de los medios de evacuación, de la sección SI 3, del Documento Básico del CTE “Seguridad en caso de incendio” (SI), se seguirán los siguientes criterios.

Se utilizarán las señales de evacuación definidas en la norma UNE 23034:1988, conforme a los siguientes criterios:

- a) Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo “SALIDA”, excepto cuando se trate de salidas de recinto cuya superficie no exceda de 50 m², sean fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.
- b) La señal con el rótulo “Salida de emergencia” debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- c) Deberán disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente al pasillo.
- d) En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma que quede claramente indicada la alternativa correcta.
- e) Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida.
- f) El tamaño de las señales será:
 - o 210x210mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10m
 - o 420x420mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20m
 - o 594x594mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30m

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa deben cumplir lo establecido en la norma UNE 23035-4:2003.

4.11.2. Señalización de las instalaciones de protección contra incendios

Según apartado 2, Señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios, de la sección SI 4, del Documento Básico del CTE “Seguridad en caso de incendio” (SI), se cumplirá lo siguiente:

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m
- 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m
- 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m

CAPITULO III. JUSTIFICACIÓN DB-SI

1. OBJETO Y APLICACIÓN

Este Documento Básico tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

El objetivo del requisito básico “Seguridad en caso de incendio” consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, mantendrán y utilizarán de forma que, en caso de incendio, se cumplan las exigencias básicas que se establecen en los apartados del DB-SI.

El Documento Básico DB-SI especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad en caso de incendio.

Según el artículo 3, del RSEI, cuando en un establecimiento industrial coexistan con la actividad industrial otros usos con la misma titularidad, para los que sea de aplicación el DBSI del CTE, los requisitos que deban satisfacer los espacios de uso no industrial serán los exigidos por dicha normativa cuando los mismos superen los siguientes límites:

Uso	Superf. Construida (m ²) Ocupación
Comercial	250 m ²
Administrativo	250 m ² X
Salas de reuniones, conferencias, proyecciones	100 personas
Archivos	250 m ² ó 750 m ³
Bar, cafetería, comedor personal y cocina	250 m ² ó 100 comensales
Biblioteca	250 m ²
Zonas de alojamiento de personal	15 camas

Tabla 68. Excepciones aplicación RSCIEI

Es por este motivo por lo que es de aplicación el DBSI del CTE al sector del edificio de oficinas, considerado como de TIPO ADMINISTRATIVO, por lo que se justifica los criterios de este sector según el Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio.

En concreto el edificio de oficinas del almacén, objeto de estudio del presente capítulo se trata de un edificio de tipo administrativo, donde se ubican las funciones de oficina de tipo administrativo y comercial del almacén frigorífico, así como aseos de personal.

Así pues, se sectorizará los locales de uso administrativo en un sector independiente. Dicho sector es el denominado como SECTOR 4.

2. DATOS PROYECTO Y USOS

La zona administrativa que se pretende justificar con el DB-SI, es una edificación anexa al establecimiento industrial ya comentado, con ubicación en el polígono industrial "La Coma" Picassent (Valencia).

El presente capítulo trata en concreto del edificio que irá destinado a oficinas de tipo administrativo.

A continuación se muestran las tablas de superficies de las tres plantas con los diferentes locales del edificio de oficinas:

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	ALTURA LIBRE (m)	ALTURA EVACUACIÓN (m)
PLANTA BAJA			
Control almacén	85,33	4,90	0,00
Depósito libros	24,28	4,90	0,00
Cuarto técnico	3,56	variable	0,00
Distribuidor oficinas PB	65,26	4,90	0,00
Distribuidor vestuarios	11,65	3,50	0,00
Archivo control	8,28	3,50	0,00
Sala espera	8,44	4,90	0,00
Vestuario masculino	15,15	3,50	0,00
Vestuario femenino	15,17	3,50	0,00
Vestuario camiones	8,99	3,50	0,00
Sala de descanso	18,20	3,50	0,00
Jefe de control	13,66	3,50	0,00
total planta baja	276,16		
PLANTA PRIMERA			
Despacho 1	12,28	2,50	5,68
Despacho 2	12,25	2,50	5,68
Despacho 3	12,30	2,50	5,68
Despacho 4	12,18	2,50	5,68
Despacho 5	12,23	2,50	5,68
Despacho 6	12,29	2,50	5,68
Despacho 7	12,18	2,50	5,68

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	ALTURA LIBRE (m)	ALTURA EVACUACIÓN (m)
Aseo 1	7,32	2,50	5,68
Aseo 2	9,93	2,50	5,68
Distribuidor P1	31,38	2,50	5,68
Despacho gerencia	39,70	2,50	5,68
Aseo gerencia	3,94	2,50	5,68
Sala administración	102,90	2,50	5,68
Sala reunión	32,53	2,50	5,68
Sala SAI	9,65	2,50	5,68
Archivo P1	10,42	2,50	5,68
Sala descanso/comedor	25,88	2,90	5,68
total planta primera	359,36		5,68
PLANTA SEGUNDA			
Aseo 3	7,32	2,50	9,00
Aseo 4	9,93	2,50	9,00
Distribuidor P2	21,22	2,50	9,00
Espacio alquiler	316,38	2,50	9,00
total planta segunda	354,85		
TOTAL SUPERFICIE ÚTIL	5.116,98		

Tabla 69. Superficies sector oficinas

3. PROPAGACIÓN INTERIOR

3.1. COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

3.1.1. Sectores de incendio independientes

El edificio se compartimentará en sectores de incendio según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 de la sección 1 del DB SI, del CTE.

En un principio todos los locales de planta baja, planta primera y planta segunda, así como los distribuidores, destinados a uso administrativo y oficinas, formarán un único sector de incendio independiente, excepto el depósito de libros y archivos de planta baja que constituirá una zona de riesgo especial.

El uso al que va destinado el edificio es de tipo administrativo. Según la tabla 1.1. y al ser su superficie menor que 2.500 m², se establece como único sector de incendio (SECTOR DE INCENDIO 4, diferenciado de los otros tres sectores de incendio donde es de aplicación el RSCIEI)

Denominación	Tipo	Locales	Superficie constr. (m ²)
Sector 4	Administrativo (CTE)	Planta baja, primera, y segunda dedicadas a administración	1080,27

Tabla 70. Cumplimiento sector de incendio

3.1.2. Resistencia al fuego de paredes, techos y puertas

Tabla 1.2. Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio		
Elemento	Sector bajo rasante	Planta sobre rasante Altura de evacuación h ≤ 15m
Paredes y techos	EI-120	EI-60
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI ₂ t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre	

Tabla 71. Resistencia al fuego paredes, techos y puertas

La compartimentación del sector de Incendio 4, al ser su altura de evacuación menor que 15 m, se realizará con elementos delimitadores EI 60 para plantas sobre rasante.

Cerramientos de sectorización

El cerramiento perimetral del SECTOR 4, estará realizado por fábrica de ladrillo hueco de 11 cm de espesor enfoscado por la cara expuesta al fuego, que según el anejo F del DB SI, proporciona una EI-90 suficiente para cumplir lo exigido.

Los cerramientos que delimitan los sectores de incendio, tendrán las siguientes características:

SECTOR	Cerramiento	Zona	Resistencia Exigida	Resistencia Proyecto
Sector 4 (sector oficinas)	Fábrica ladrillo hueco de 11cm enfoscado por la cara expuesta	Plantas oficinas	EI-60	EI-90

Tabla 72. Resistencia exigida y de proyecto de cerramientos de sectorización

Forjados

Los forjados del edificio de oficinas están ejecutados con placa alveolar de 12cm de espesor y capa de compresión de 5cm, proporcionando una REI-120, según el fabricante del que se aportará el certificado.

Las placas de forjado de tipo alveolar apoyarán sobre vigas de tipo metálico que serán proyectadas, mediante mortero intumesciente con un espesor necesario hasta alcanzar la resistencia al fuego exigida de REI-60, según tabla 3.1 de la sección SI 6.

Los forjados que delimitan los sectores de incendio, tendrán las siguientes características:

SECTOR	Cerramiento	Zona	Resistencia Exigida	Resistencia Proyecto
Sector 4	Placa alveolar de 12cm de canto	Plantas oficinas	REI-60	REI-120

Tabla 73. Resistencia exigida y de proyecto de forjados que delimitan sectores

En el caso del mortero intumescente a aplicar a las vigas de forjado, se aportará certificado de conformidad de materiales así como de aplicación.

En cuanto a los elementos prefabricados, como las placas alveolares de cerramiento, se aportará certificado del fabricante mediante certificado de conformidad con una REI-120.

Cubiertas

Cuando una medianera o un elemento constructivo de compartimentación en sectores de incendio acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura sea igual a 1m.

Para el caso de las cubiertas que delimitan sectores de incendio, se proyectará una banda de 1 m de anchura con mortero intumescente aplicada sobre malla nervometal, con una REI-60, para sectorizar la zona de oficinas de la sala de envasados, tal como viene recogido en los planos adjuntos.

Se aportará certificado de conformidad de materiales así como de la aplicación de los mismos, para justificación de la resistencia al fuego exigida.

Patinillos

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos. Dado que no existen patinillos que comuniquen diferentes sectores de incendio no será de aplicación este apartado.

3.2. LOCALES DE RIESGO ESPECIAL

Tabla 2.1. Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios			
Uso previsto	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Uso administrativo			
Almacenes de papel, encuadernaciones, reprografía, etc.	$100 < V \leq 200 \text{ m}^3$	$200 < V \leq 500 \text{ m}^3$	$V > 500 \text{ m}^3$

Tabla 74. Tabla 2.1-Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios

Para el caso que nos ocupa, será de aplicación para el depósito de libros y archivos situado en planta baja, ya que con una superficie de 24,80 m² y su altura sin falso techo de 4,90 m, hace un volumen total construido de 121,52 m³, por lo que lo clasificamos como local de riesgo especial bajo.

3.2.1. Condiciones de las zonas de riesgo especial

Para el caso que nos ocupa, se considerará como local de riesgo bajo, el depósito de libros.

Las condiciones que deberán cumplir los locales de riesgo especial son las señaladas a continuación:

Tabla 2.2. Condiciones de las zonas de riesgo especial integradas en edificios			
Características	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
Resistencia al fuego de la estructura portante	R 90	R 120	R 180
Resistencia al fuego de las paredes y techos que separan la zona del resto del edificio	EI 90	EI 120	EI 180
Vestíbulo de independencia en cada comunicación de la zona con el resto del edificio	no	sí	sí
Puertas de comunicación con el resto del edificio	EI ₂ 45-C5	2xEI ₂ 30-C5	2xEI ₂ 45-C5
Máxima recorrido hasta alguna salida del local	≤ 25 m	≤ 25 m	≤ 25 m

Tabla 75. Tabla 2.2 Condiciones zonas riesgo especial

3.3. ESPACIOS OCULTOS. PASO INSTALACIONES A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN DE INCENDIOS

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables debe tener continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos estén compartimentados respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento.

La resistencia al fuego requerida a los elementos de compartimentación de incendios se debe mantener en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc., excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm².

Para el caso de las bandejas eléctricas que atraviesan sectores se colocarán bolsas cortafuegos expansivas con una resistencia al fuego (EI) igual al elemento de compartimentación que atraviesen.

3.4. REACCIÓN AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO

Los elementos constructivos cumplirán las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla siguiente:

Elementos	Material	Exigido	Proyecto
Suelos	Solera de hormigón armado	E _{FL}	A2-s1, d0 Cumple
	Placa de gres		
Paredes	Mortero de cemento	C-s2, d0	A2-s1, d0 Cumple
	PUR en paneles		
Cerramientos	Chapa de acero	C-s3, d0 (M2)	A2-s1, d0 Cumple
	PUR en paneles		B-s2, d0 Cumple

Tabla 76. Reacción al fuego exigida y de proyecto de elementos constructivos

4. PROPAGACIÓN EXTERIOR

4.1. MEDIANERAS Y FACHADAS

No existen medianeras ni muros colindantes en el edificio anexo de oficinas.

Con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada entre dos sectores de incendio o entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, dicha fachada debe ser al menos EI-60 en una franja de 1m. de altura como mínimo.

4.2. CUBIERTAS

Cuando una medianera o un elementos constructivo de compartimentación en sectores de incendio acometa a la cubierta, la resistencia al fuego de esta será, al menos, igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura sea igual a 1m.

Para el caso de las cubiertas que delimiten sectores de incendio, se proyectará una banda de 1m. de anchura con mortero intumescente aplicada sobre malla nervometal, con una REI-60. Se dispondrá una malla de las comentadas entre el edificio de oficinas y la sala de envasados y otra entre la sala de envasados y las cámara 1 de congelados.

Se aportará certificado de conformidad de materiales así como de la aplicación de los mismos, para la justificación de la resistencia al fuego exigida.

5. EVACUACIÓN DE OCUPANTES

5.1. COMPATIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

No procede

5.2. CÁLCULO DE LA OCUPACIÓN

En la tabla siguiente se refleja para el cálculo de la ocupación, la superficie útil según lo comentado y las densidades recogidas en la Tabla 2.1 del DB SI para el cálculo de la ocupación.

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	DENSIDAD (m ² /persona)	OCUPACIÓN (personas)
PLANTA BAJA			
Control almacén	85,33	10	9
Depósito de libros	24,28	40	1
Cuarto técnico	3,56	40	1
Distribuidor oficinas PB	65,26	2	33
Distribuidor vestuarios	11,65	2	6
Archivo control	8,28	40	1
Sala espera	8,44	10	1
Vestuario masculino	15,15	3	6
Vestuario femenino	15,17	3	6
Vestuario camiones	8,99	3	3
Sala de descanso	24,28	10	3
Jefe de control	13,66	10	2
total planta baja	284,05		72
PLANTA PRIMERA			
Despacho 1	12,28	10	2
Despacho 2	12,25	10	2
Despacho 3	12,30	10	2
Despacho 4	12,18	10	2

LOCAL	SUP. ÚTIL (m ²)	DENSIDAD (m ² /persona)	OCUPACIÓN (personas)
Despacho 5	12,23	10	2
Despacho 6	12,29	10	2
Despacho 7	12,18	10	2
Aseo 1	7,32	3	3
Aseo 2	9,93	3	4
Distribuidor P1	31,38	2	16
Despacho gerencia	39,70	10	4
Aseo gerencia	3,94	3	2
Sala administración	102,90	10	11
Sala reunión	32,53	10	4
Sala SAI	9,65	40	1
Archivo P1	10,42	40	1
Sala descanso/comedor	25,88	10	3
total planta primera	359,36		63
PLANTA SEGUNDA			
Aseo 3	7,32	3	3
Aseo 4	9,93	3	4
Distribuidor P2	21,22	2	11
Espacio alquiler	316,38	40	8
total planta segunda	354,85		26
TOTAL SUPERFICIE ÚTIL	998,26		161

Tabla 77. Cálculo ocupación

5.3. NÚMERO DE SALIDAS Y LONGITUD DE LOS RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

Origen de evacuación: Se considera como origen de la evacuación todo punto ocupable, exceptuando todo recinto en los que la densidad de ocupación no exceda de 1 persona/5 m² y cuya superficie total no exceda de 50 m².

Recorridos de evacuación: Recorrido que conduce desde un origen de evacuación hasta una salida de planta, situada en la misma planta considerada o en otra, o hasta una salida de edificio. Conforme a ello, una vez

alcanzada una salida de planta, la longitud del recorrido posterior no computa a efectos del cumplimiento de los límites a los recorridos de evacuación. La longitud de los recorridos de evacuación por pasillos, escaleras y rampas, se medirá sobre el eje. Los recorridos en los que existan tornos u otros elementos que puedan dificultar el paso no pueden considerarse a efectos de evacuación.

Altura de evacuación: La máxima diferencia de cotas entre un origen de evacuación y la salida de edificio, que le corresponda. A efectos de determinar la altura de evacuación de un edificio no se consideran las plantas en las que únicamente existan zonas de ocupación nula.

5.3.1. Número de salidas de planta

Podrán disponer de una única salida de planta o recinto, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- La ocupación no excede de 100 personas
- La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25m.
- La altura de evacuación descendente de la planta considerada no excede de 28m.

Para el caso que nos ocupa, se cumplen los anteriores requisitos, por lo que el SECTOR 4, de OFICINAS, dispondrá de una única salida de planta y según la tabla anterior:

La altura de evacuación es la considerada en la tabla anterior.

El número y disposición de salidas, así como el recorrido de evacuación viene grafiado en los planos.

Sectores	Ocupación	Altura de evacuación (m)	Número salidas de planta	Longitud máxima de recorridos evacuación
SECTOR 4 (planta segunda oficinas)	26	< 28 m.	1	25 m.
SECTOR 4 (planta primera oficinas)	63	< 28 m.	1	25 m.
SECTOR 4 (planta baja oficinas)	72	< 28 m.	1	25 m.

Tabla 78. Longitud máxima de evacuación

5.4. DIMENSIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

5.4.1. Cálculo

Criterios para la asignación de ocupantes

Cuando en un recinto o planta deba existir más de una salida, la distribución de los ocupantes entre ellas a efectos de cálculo debe hacerse suponiendo inutilizada una de ellas bajo la hipótesis más desfavorable.

A efectos de cálculo de la capacidad de evacuación de las escaleras y de la distribución de los ocupantes entre ellas, cuando existan varias, no es preciso suponer inutilizada en su totalidad alguna de las escaleras protegidas existentes. En cambio, cuando existan varias escaleras no protegidas, debe considerarse inutilizada en su totalidad alguna de ellas, bajo la hipótesis más desfavorable.

En la planta de desembarco de una escalera, el flujo de personas que la utiliza deberá añadirse a la salida de planta que les corresponda, a efectos de determinar la anchura de esta. Dicho flujo deberá estimarse, o bien en $160 \cdot A$ personas (siendo A la anchura en metros del desembarco de la escalera) o bien el número de personas que utiliza la escalera en el conjunto de las plantas cuando este número de personas sea menor que $160 \cdot A$.

El dimensionado de los elementos de evacuación se realizará conforme a lo indicado en la tabla 4.1, dimensionado de elementos de evacuación.

Tipo de elemento	Dimensionado	Sector	Ocupación (personas)	Anchura calculada (m.)	Anchura adoptada (m.)
Puertas y pasos	$A \geq P / 200 \geq 0,80m$	Sector 4	161	0,80	0,82
Pasillos y rampas	$A \geq P / 200 \geq 1,00m$	Sector 4	161	0,80	1,00
Escaleras no protegidas					
evacuación descendente	$A \geq P / 160$	Sector 4	161	0,80	1,00
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S + 160 A_s$	-	-	-	-
En zonas al aire libre, pasos, pasillos y rampas	$A \geq P / 600 \geq 1,00m$	-	-	-	-

Tabla 79. Dimensionado elementos de evacuación

Se considera la totalidad de la ocupación de cada sector para estar del lado de la seguridad.

5.5. PROTECCIÓN DE LAS ESCALERAS

Se recogen en la siguiente tabla las condiciones de protección que deberán cumplir las escaleras previstas para evacuación (según tabla 5.1., DB SI-3, CTE).

Tabla 5.1. Protección de las escaleras			
Uso previsto	No protegida	Protegida	Especialmente protegida
Escaleras para evacuación descendente			
Administrativo	$h \leq 14 m.$	$h \leq 28 m.$	Se admite en todo caso

Tabla 80. Protección escaleras

Así pues, para el caso que nos ocupa, al tratarse de unos sectores de TIPO ADMINISTRATIVO, con escaleras de evacuación descendente con una altura de evacuación de escalera inferior a 14 m, no es necesario que sea protegida.

5.5.1. Características de las escaleras

Se cumplirá lo articulado en el Documento Básico de Seguridad de Utilización (DBSU), del Código Técnico de la Edificación.

Las dimensiones del peldaño cumplirá lo siguiente:

Huella: $H \geq 280\text{mm}$

Contrahuella: $130\text{mm} \leq C \leq 185\text{mm}$

$540\text{mm} \leq 2C + H \leq 700\text{mm}$

Los tramos de las escaleras de evacuación y uso general tendrán 3 peldaños como mínimo y salvará una altura de 3,20 m como máximo.

Las mesetas dispuestas entre tramos de una escalera con la misma dirección tendrán al menos la anchura de la escalera y una longitud medida en su eje de 1,0m. como mínimo. Cuando exista un cambio de dirección entre dos tramos, la anchura de la escalera no se reducirá a lo largo de la meseta. La zona delimitada por dicha anchura estará libre de obstáculos y sobre ella no barrerá el giro de apertura de ninguna puerta, excepto las de zonas de ocupación nula.

5.6. PUERTAS SITUADAS EN RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

- a) Las puertas previstas como salida de planta o edificio y las previstas para evacuación de más de 50 personas serán abatibles con eje de giro vertical y su sistema de cierre no actuará mientras haya actividad en las zonas a evacuar.
- b) Abrirán en el sentido de la evacuación toda puerta de salida prevista para más de 50 ocupantes del recinto.
- c) No existirán puertas giratorias.
- d) Las puertas de apertura automática dispondrán de un sistema tal que, en caso de fallo del mecanismo de apertura o del suministro de energía, abra la puerta e impida que ésta se cierre.

En caso de incendio, la central de incendios realiza la apertura automática de las compuertas correderas. Ejemplo de ello sería la compuerta de separación del muelle con la sala de envasados.

5.7. SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

Se cumplirá, según lo señalado en el DBSI 3-7, todo lo dispuesto en los puntos siguientes:

- a) Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA", excepto cuando se trate de salidas de recinto cuya superficie no exceda de 50 m², sean fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.
- b) La señal con el rótulo "Salida de emergencia" debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- c) Deberán disponerse señales indicativas de dirección de los recintos, visibles desde todo origen de evacuación, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente al pasillo.
- d) En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma que quede claramente indicada la alternativa correcta.

- e) Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida.
- f) El tamaño de las señales será:
- 210x210mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10m
 - 420x420mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20m
 - 594x594mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30m

Se utilizarán las señales de salida, de uso habitual o de emergencia, definidas en las norma UNE 23034:1998.

5.8. CONTROL DE HUMO DE INCENDIO

No procede al no tratarse de una zona de uso aparcamiento, comercial, pública concurrencia o atrio.

5.9. EVACUACIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN CASO DE INCENDIO

No procede al tratarse de un edificio de uso administrativo, con una altura de evacuación inferior a 14 m, tal como se establece en el punto 9.1 del DB SI-3, del CTE.

6. INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

6.1. DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Tabla 1.1. Dotación de instalaciones de protección contra incendios		
Uso previsto Instalación	Condiciones	Proyecto
En general		
Extintores portátiles	Cada 15m de recorrido, desde todo origen de evacuación Eficacia 21 A-113B	CUMPLE
Hidrantes exteriores	Si la altura de evacuación descendente excede de 28m. o si la ascendente excede de 6m.	No procede
Administrativo		
Bocas de incendio	Si la superficie construida excede de 2.000 m ²	No procede
Columna seca	Si la altura de evacuación excede de 24m.	No procede
Sistema de alarma	Si la superficie construida excede de 1.000 m ²	No procede
Sistema de detección de incendio	Si la superficie construida excede de 2.000 m ²	No procede

6.1.1. Extintores portátiles

Se dispondrán extintores portátiles en todo el local, de modo que el recorrido desde cualquier origen hasta un extintor no supere los 15m, y cuya eficacia es como mínimo 21A-113B.

Local	Extintor	Uds
SECTOR (sector administrativo)		
Planta baja	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	4
	CO ₂ ef. 34B (5 Kg)	1
Planta primera	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	3
	CO ₂ ef. 34B (5 Kg)	1
Planta segunda	Polvo ABC ef. 21A-113B (6 Kg)	3
Total sector (administrativo)		12
La ubicación es la que viene reflejada en el plano adjunto.		

La ubicación de los extintores viene reflejada en los planos adjuntos.

6.1.2. Bocas de incendio

No procede, aunque como son necesarias para el establecimiento industrial, se dispondrá una más en oficinas como medida de seguridad extra en el vestíbulo de la entrada principal.

6.1.3. Sistema de alarma

No procede

6.1.4. Sistema de detección de incendio

No procede. Aun así por seguridad se decide colocar un pulsador manual de incendio en la puerta principal, la cual es salida de edificio y paso de todos los ocupantes del edificio en caso de incendio.

6.2. SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Según apartado 2, señalización de las instalaciones manuales de protección contra incendios, de la sección SI 4, del Documento Básico del CTE "Seguridad en caso de incendio" (SI), se cumplirá lo siguiente.

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) se deben señalar mediante señales definidas en la norma UNE 23033-1 cuyo tamaño sea:

- 210x210mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10m
- 420x420mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20m
- 594x594mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30m

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa debe cumplir lo establecido en la norma UNE 23035-4:2003.

7. INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS

Los edificios con una altura de evacuación descendente mayor que 9m, deben disponer de un espacio de maniobra para los bomberos que cumpla las condiciones estipuladas en el DB SI-5, del CTE, a lo largo de las fachadas en las que estén situados los accesos, o bien al interior del edificio, o bien al espacio abierto interior en el que se encuentren aquellos.

Para el caso que nos ocupa, la altura de evacuación descendente mayor que existe en el edificio de oficinas, es de 8,85m, desde la planta segunda de oficinas hasta el exterior del edificio, por lo que no se considera de aplicación para el caso que nos ocupa.

De cualquier modo, se han considerado unos mínimos según lo estipulado en el DB SI-5, del CTE.

8. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

8.1. GENERALIDADES

La elevación de la temperatura que se produce como consecuencia de un incendio afecta a su estructura de dos formas diferentes. Por un lado, los materiales ven afectadas sus propiedades, modificándose de forma importante su capacidad mecánica, Por otro, aparecen acciones indirectas como consecuencia de las deformaciones de los elementos, que generalmente dan lugar a tensiones que se suman a las debidas a otras acciones.

Para el cálculo de la resistencia al fuego de los elementos estructurales se utilizarán métodos tal como se recoge en los anexos B a F del DB SI.

8.2. RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

Se admite que un elemento tiene suficiente resistencia al fuego si, durante la duración del incendio, el valor de cálculo de efecto de las acciones, en todo instante, no supera el valor de la resistencia de dicho elemento.

En general, basta con hacer la comprobación en el instante de mayor temperatura que, con el modelo de curva normalizada tiempo- temperatura, se produce al final del mismo.

8.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

Se considera que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio (incluidos forjados, vigas y soportes) es suficiente, si alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 y tabla 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura.

Uso del sector de incendio considerado	Plantas sótano	Plantas sobre rasante h < 15m
Administrativo		R 60

Tabla 81. Tabla 3.1-Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

Tabla 82. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial

Toda la estructura está resuelta mediante pórticos planos de perfilaría metálica, por lo que se proyectará la estructura principal, con mortero intumescente de perlita-vermiculita, en espesores suficientes para alcanzar la resistencia al fuego exigida, aportándose los certificados de materiales y de aplicación correspondientes.

8.4. ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS

No procede, al no existir pequeñas entreplantas o suelos o escaleras de construcción ligera.

8.5. DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS ACCIONES DURANTE EL INCENDIO

Deben ser consideradas las mismas acciones permanentes y variables que en el cálculo en situación persistente, si es probable que actúen en caso de incendio.

Los efectos de las acciones durante la exposición al incendio deben obtenerse del Documento Básico DB-SE.

Los valores de las distintas acciones y coeficientes deben ser obtenidos según se indica en el Documento Básico DB-SE, apartado 4.2.2

8.6. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO

La resistencia al fuego de un elemento puede establecerse de alguna de las formas siguientes:

- Comprobando las dimensiones de su sección transversal con lo indicado en las distintas tablas según el material dadas en los anejos C a F, para las distintas resistencias al fuego.
- Obteniendo su resistencia por los métodos simplificados dados en los mismos anejos.
- Mediante la realización de los ensayos que establece el Real Decreto 312/2005 de 18 de marzo.

8.6.1. Sector administrativo

La planta baja, primera y segunda de oficinas, está ejecutada mediante pórticos de estructura metálica de inercia constante.

Dichos pórticos de estructura metálica, se proyectará con material intumescente, a base de mortero de perlita-vermiculita, hasta alcanzar la resistencia al fuego exigida.

En la tabla siguiente se muestra la estabilidad al fuego exigida, así como la alcanzada con las medidas correctoras de proyecto:

SECTOR	Estructura	Zona	Estabilidad Exigida	Estabilidad Proyecto
Sector 4 administrativo	Estructura metálica. Proyectado mortero intumescente	Planta baja	R-60	R-60
		Planta primera	R-60	R-60
		Planta segunda	R-60	R-60
Sector especial riesgo bajo	Estructura metálica. Proyectado mortero intumescente	Depósito libros	R-90	R-90

Tabla 83. Determinación resistencia al fuego

Se presentará el certificado de aplicación de mortero intumescente, mediante marca de conformidad en base a normas UNE, así como los certificados correspondientes de aplicación de materiales intumescentes.

9. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

9.1. DOTACIÓN

Los edificios dispondrán de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

Contarán con alumbrado de emergencia las zonas y los elementos siguientes:

DB SUA-4. Dotación alumbrado emergencia	Proyecto
DB SUA-4	
Todo recinto cuya ocupación sea mayor que 100 personas	No procede. No existe ningún recinto con una ocupación mayor de 100 personas

Los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio, según definiciones en el Anejo A de DB SI	Cumple.
Los aparcamientos cerrados o cubiertos cuya superficie construida exceda de 100 m ² , incluidos los pasillos y las escaleras que conduzcan hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio	No procede. No existen aparcamientos cerrados o cubiertos.
Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial, indicados en DB-SI 1	Se instalarán luminarias de emergencia en: <ul style="list-style-type: none"> - Cuarto de grupo de bombeo - Recinto de la central de alarma de incendios
Los aseos generales de planta en edificios de uso público	Cumple
Los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas	Se instalarán luminarias de emergencia en: <ul style="list-style-type: none"> - Cuadro general de baja tensión - Cuadros secundarios de alumbrado y fuerza
Las señales de seguridad	Cumple
Los itinerarios accesibles	Cumple

9.1.1. Posición y características de las luminarias

Las luminarias se situarán al menos a 2m, por encima del nivel del suelo y se ubicarán como mínimo en los siguientes punto:

- En las puertas de salida existentes en los recorridos de evacuación
- En las escaleras, de modo que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa
- En cualquier cambio de nivel
- En los cambios de dirección y en las intersecciones de los pasillos

Las luminarias de emergencia se colocarán en falso techo y tal como viene reflejada en los planos adjuntos.

9.1.2. Características de la instalación

Se cumplirán las siguientes características de instalación:

- Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo en el del 70 por 100 de su tensión nominal de servicio.
- Mantendrá las condiciones de servicio, que se relacionan a continuación, durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
- En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 lux, como mínimo.
- La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.

- Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

CAPITULO IV. SIMULACIÓN DE INCENDIO

1. MODELADO DE INCENDIOS

1.1. INTRODUCCIÓN AL MODELADO DE INCENDIO

El desarrollo de modelos de incendios permite la aparición de nuevos métodos de diseño para los Sistemas de Protección contra Incendios en todo tipo de edificaciones.

El objeto de éstos modelos de simulación computacional de incendios es la de predecir, de la manera más realista posible, el comportamiento del incendio. Existen dos tipos principales de modelos de simulación computacional de incendios:

- Modelos de zona (CFAST, OZONE)
- Modelos de campo (o modelos de dinámica de fluidos computacional FDS)

El software utilizado para la simulación del establecimiento industrial objeto de estudio de este trabajo es el CFAST, que es un modelo de dos zonas que calcula la distribución de los humos, los gases del incendio y la temperatura en los compartimientos de un edificio durante un incendio.

1.2. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN

El sector 1 de incendios del establecimiento industrial será el escogido para el modelo de incendios, ya que se presenta como el sector con el riesgo más alto del establecimiento y por lo tanto con mayor interés.

Se pretende comprender el funcionamiento de forma individual de las tres estancias que forman este sector, y que son:

- Cámaras de congelados
- Muelle expedición/recepción
- Cargabaterías

Se atiende con especial atención a la cámara de congelados, donde se justificará el comportamiento de los exutorios frente a un incendio y la decisión de no llevar a cabo su montaje como se ha comentado en el segundo capítulo. Para ello se comparará con el mismo establecimiento pero a una temperatura interior de 20°C en vez de -20°C y se verá la diferencia del comportamiento entre un establecimiento de temperatura negativa y positiva.

Por otra parte se comprobará que tanto los exutorios de cubierta como aireadores de fachada calculados en el apartado de SCTEH del capítulo 2 para el muelle y cargabaterías son eficaces frente una situación de incendios.

En este apartado también se comprobará como de eficaces son los rociadores automáticos de control en conjunto con el sistema de control de temperatura y evacuación de humos.

1.3. INTRODUCCIÓN DE DATOS EN CFAST

1.3.1. Materiales constructivos. Propiedades térmicas

Se definirán las propiedades térmicas de cada uno de los materiales constructivos que componen las diferentes zonas de incendios, como son los materiales existentes del cerramiento vertical (paredes) y horizontales (techo/cubierta) así como del suelo.

Las propiedades de los materiales que debemos conocer para diseñar la zona de incendios son las siguientes:

- Conductividad (kW/m°C)
- Densidad (kg/m³)
- Calor específico (kJ/(kg°C))
- Emisividad

Para recopilar estos datos, se ha recurrido tanto a las fichas técnicas de los materiales que nos aportan las distintas empresas instaladoras como al catálogo de elementos constructivos del código técnico para aquellos materiales que desconocemos. En la siguiente tabla se establecen todas las propiedades de los materiales que se han utilizado:

	λ (kW/m°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg°C)	ϵ	Espesor (m)
PANEL HI-PIRM F 150	0,000035	40	1,3	0,7	0,15
PANEL HI-PIRM F 100	0,000042	40	1,3	0,7	0,10
SOLERA HORMIGÓN	0,0017	2300	1,0	0,94	0,30
LOSA ALVEOLAR FORJ.	0,0012	1810	1,0	0,94	0,15
LADRILLO LP ½ PIE	0,0018	1020	1,0	0,9	0,115

Tabla 84. Propiedades térmicas materiales constructivos

Los datos recogidos se introducen en la pestaña “thermal properties” de CFAST.

The screenshot shows the 'thermal properties' interface in CFAST. At the top, there is a table with columns: Material, Short Name, Conductivity, Specific Heat, Density, Thickness, and Emissivity. The table contains five rows of material data. Below the table are buttons for 'Add', 'Duplicate', 'From File', and 'Remove'. Below these buttons is a detailed view for 'Thermal Property 4 of(5)' for the material 'Ladrillo perforado'. The fields in this view are: Short Name: LP, Thermal Conductivity: 0.0018 kW/(m °C), Specific Heat: 1 kJ/(kg °C), Density: 1020 kg/m³, Thickness: 0.0115 m, and Emissivity: 0.9.

Material	Short Name	Conductivity	Specific Heat	Density	Thickness	Emissivity
PIR 150	PIR 1	3.5E-05	1.3	40	0.15	0.7
Solera hormigón	HA	0.0017	1	2400	0.3	0.94
Losa alveolar	ALV	0.0012	1	1810	0.015	0.94
PIR 100	PIR 2	4.2E-05	1.3	40	0.1	0.7
Ladrillo perforado	LP	0.0018	1	1020	0.0115	0.9

Thermal Property 4 of(5)

Material: Ladrillo perforado

Short Name: LP Thermal Conductivity: 0.0018 kW/(m °C) Specific Heat: 1 kJ/(kg °C)

Density: 1020 kg/m³ Thickness: 0.0115 m Emissivity: 0.9

Tabla 85. CFAST. Propiedades térmicas materiales

1.3.2. Compartimentos

Como se ha comentado se realizarán 3 simulaciones de incendios, por ello habrá que definirle a CFAST su geometría y materiales que lo forman (techo, pared, suelo) y su posición según coordenadas X, Y, Z.

Las dimensiones de los distintos espacios son las siguientes:

	Anchura (m)	Profundidad (m)	Altura (m)	X	Y	Z
Cámara congelados 2	21,80	36,30	11,80	0,0	0,0	0,0
Muelle expedición/recepción	10,75	64,25	4,90	0,0	0,0	0,0
Cargabaterías	10,35	12,25	4,90	0,0	0,0	0,0

Tabla 86. CFAST. Geometría y posición de espacios

A continuación se muestra un ejemplo de los datos introducidos para la cámara de congelados 2 en la pestaña "compartments":

The screenshot displays the CFAST software interface for configuring a compartment. At the top, a table lists the compartment details:

Compartment	Num	Width	Depth	Height	X Position	Y Position	Z Position	Ceiling	Walls	Floor	F	H	V	M	D	T
cámara 2	1	21.8	36.3	11.8	0	0	0	pir 1	pir 1	ha	1	5	1	0	2	0

Below the table are buttons for 'Add', 'Duplicate', 'Move Up', 'Move Down', and 'Remove'. The main configuration area for 'Compartment 1 (of 1)' is titled 'cámara 2' and includes:

- Geometry:** Width (X): 21.8 m, Depth (Y): 36.3 m, Height (Z): 11.8 m. Position X, Y, and Z are all set to 0 m.
- Advanced:**
 - Flow Characteristics:** Radio buttons for 'Normal (Two-zone model)' (selected), 'Shaft (Single-zone model)', and 'Corridor (Revised ceiling jet)'.
 - Variable Cross-sectional Area:** A table with columns for 'Height' and 'Area'.
- Materials:**
 - Ceiling:** PIR 150. Properties: Conductivity: 3.5E-05 kW/(m °C), Specific Heat: 1.3 kJ/(kg °C), Density: 40 kg/m³, Thickness: 0.15 m.
 - Walls:** PIR 150. Properties: Conductivity: 3.5E-05 kW/(m °C), Specific Heat: 1.3 kJ/(kg °C), Density: 40 kg/m³, Thickness: 0.15 m.
 - Floor:** Solera hormigón. Properties: Conductivity: 0.0017 kW/(m °C), Specific Heat: 1 kJ/(kg °C), Density: 2400 kg/m³, Thickness: 0.3 m.

Tabla 87. CFAST. Ejemplo "Compartments" cámara congelados 2

1.3.3. Área de incendio

Cámara congelados

Las dimensiones del incendio para la cámara de congelados puede determinarse de acuerdo con lo indicado en la tabla M.1 de la UNE 23585:2004, en función de la altura h de mercancías almacenadas y la anchura w de las estanterías. La tabla M.1 será válida para almacenaje con estanterías y con rociadores como es el caso que se nos presenta. A continuación se muestra la mencionada tabla:

Anchura del incendio en la base (véase figura M.1)	= anchura w de las estanterías	
Ensanche del incendio en altura (véase figura M.1)	$x = 2/3 \cdot h \cdot \text{tangente } 15^\circ = 0,18h$ (metros)	
	Rociadores en techo	Rociadores en techo y en niveles intermedios
Superficie del incendio (m^2) (min. 9 m^2 , max. 81 m^2)	$A_f = 4/3h (w + x)$	$A_f = 2/3h (w + x)$
Ensanche del incendio en altura (véase la figura M.1)	$W_f = 2 \cdot (w + 4x)$	$W_f = w + 4x$

Tabla 88. Tabla M.1. Dimensiones normalizadas del incendio

El dato que realmente nos interesa para introducir en CFAST es A_f , teniendo en cuenta que se disponen tanto rociadores en techo como en niveles intermedios.

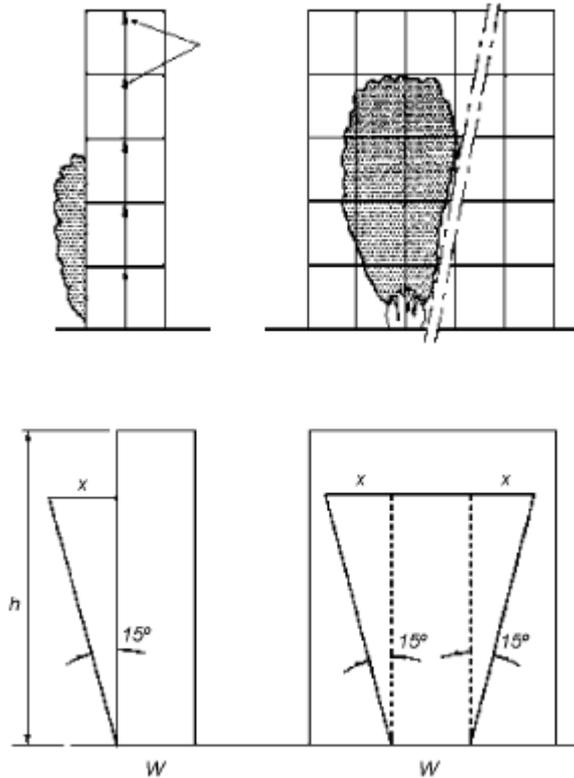


Ilustración 19. Fig. M.1

De la imagen M.1 y el plano de sección de estanterías de rociadores intermedios obtenemos los siguientes datos:

- Altura h de mercancías almacenadas = 9,90 m
- Anchura w de las estanterías = 3,00 m
- $x = 2,05$ m

Aplicando la ecuación señalada en rojo de la tabla 86, obtenemos un área de incendio $A_f = 33,33 \text{ m}^2$

Muelle expedición/recepción

Para espacios sin almacenaje o con bajo almacenaje en estanterías con rociadores se aplicarán las dimensiones normalizadas de incendio de la tabla 3 anexo M. En espacios con rociadores automáticos, se disminuyen generalmente las dimensiones del incendio y su potencia calorífica, pero en una primera aproximación, se pueden aplicar las dimensiones de esta tabla para un fuego sin rociadores (valores de seguridad).

Para entrar en la tabla 3 primero deberemos conocer el riesgo de los espacios a proteger. En el anexo M se proporciona una clasificación de riesgo para las distintas edificaciones, es por ello que asimilamos el muelle a una “sala frigorífica” por estar a una temperatura interior todo el año de +10°C, ésta se encuentra en la clasificación de edificios de carga calorífica ordinaria (N).

Esta clase de edificios está subdividida en cuatro grupos caracterizados por la más o menos gran rapidez de extensión de un incendio incipiente que determina el accionamiento de un grupo más o menos grande de rociadores automáticos para apagar o controlar dicho incendio. Las salas frigoríficas las encontramos en el grupo de incendios leves N1, por lo que conociendo su riesgo, hallamos su categoría mediante la tabla 2:

Categorías de uso	Espacios a proteger				Altura crítica de almacenaje
	Riesgo ligero	Riesgo normal	Riesgo elevado		
			Fabricación	Almacenaje (tabla 1)	
Categoría 1	L	N1		SC1	4,0 m
Categoría 2		N2		SC2	3,0 m
Categoría 3		N3		SC3	2,1 m
Categoría 4		N4	D1 a D4	SC4	1,2 m

Tabla 89. Tabla 2. Categorías de uso y altura crítica de almacenaje. Muelle

Finalmente, tras conocer riesgo y categoría, estamos en condiciones de entrar a la tabla 3 y así conocer las dimensiones normalizadas del incendio:

Categoría de usos (tabla 2)	Dimensiones del incendio	Perímetro W_f	Superficie A_f
Categoría 1	3,0 m x 3,0 m	12 m	9 m ²
Categoría 2	4,5 m x 4,5 m	18 m	20 m ²
Categoría 3	6,0 m x 6,0 m	24 m	36 m ²
Categoría 4	9,0 m x 9,0 m	36 m	81 m ²

Tabla 90. Tabla 3. Dimensiones normalizadas de incendio. Muelle

El área de incendio del muelle de expedición/recepción es $A_f = 9,0 \text{ m}^2$

Cargabaterías

De la misma forma que se ha comentado para el muelle, obtenemos el riesgo para el cargabaterías. La clase de edificio será de carga calorífica ordinaria (N) y lo asimilamos a “Taller de reparación de partes mecánicas o de carrocerías de automóviles” presentando un peligro de incendio normal N2.

Categorías de uso	Espacios a proteger				Altura crítica de almacenaje
	Riesgo ligero	Riesgo normal	Riesgo elevado		
			Fabricación	Almacenaje (tabla 1)	
Categoría 1	L	N1		SC1	4,0 m
Categoría 2		N2		SC2	3,0 m
Categoría 3		N3		SC3	2,1 m
Categoría 4		N4	D1 a D4	SC4	1,2 m

Tabla 91. Tabla 2. Categorías de uso y altura crítica de almacenaje. Cargabaterías

Categoría de usos (tabla 2)	Dimensiones del incendio	Perímetro W_f	Superficie A_f
Categoría 1	3,0 m x 3,0 m	12 m	9 m ²
Categoría 2	4,5 m x 4,5 m	18 m	20 m ²
Categoría 3	6,0 m x 6,0 m	24 m	36 m ²
Categoría 4	9,0 m x 9,0 m	36 m	81 m ²

Tabla 92. Tabla 3. Dimensiones normalizadas de incendio. Cargabaterías

El área de incendio del cargabaterías es $A_f = 20,0 \text{ m}^2$

1.3.4. Velocidad de liberación de calor (RHR)

La carga de fuego por sí sola no permite evaluar la temperatura de un recinto, la carga de fuego es la máxima capacidad calorífica disponible, para evaluar la temperatura del gas es necesario conocer: la velocidad de pirolisis de la carga de fuego (kg/s) o lo que es lo mismo, la tasa de liberación de calor de la carga de fuego expresada en watios (J/s) y también, la ventilación y el tamaño y propiedades térmicas del recinto o sector donde ocurre el incendio.

La tasa de liberación de calor es variable con el tiempo y se distinguen tres fases: creciente o de desarrollo, estacionaria y decreciente.

La fase creciente de la tasa de liberación de calor se formula mediante la siguiente expresión:

$$Q = RHR = \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2 [MW]$$

donde,

Q es la velocidad de liberación de calor en [W]

t es el tiempo en [s]

t_α coeficiente de rapidez de desarrollo del fuego, que es el tiempo necesario para alcanzar una velocidad de liberación de calor de 1 MW.

El RHR es el origen del incremento de la temperatura del gas, así como la fuerza que impulsa la propagación del gas y el humo. Un fuego comienza siendo pequeño y atraviesa una fase de crecimiento.

Pueden suceder dos cosas en un incendio, dependiendo de que durante el proceso de crecimiento exista o no suficiente oxígeno para permitir el completo desarrollo de la combustión.

Cuando la tasa de liberación de calor alcanza su valor máximo sin ninguna limitación a su demanda de oxígeno, el RHR se ve limitado por la carga disponible (fuego controlado por el combustible). Si el tamaño de las aberturas en el sector resulta demasiado pequeño para permitir que entre suficiente aire en el mismo, entonces el oxígeno disponible limita el RHR y se dice que es un fuego controlado por ventilación. En concreto para los distintos casos que estudiaremos siempre será un fuego controlado por el combustible, ya que no hay ninguna limitación de oxígeno.

La fase de desarrollo del fuego está limitada por una línea horizontal que se corresponde con la fase estacionaria.

Se puede suponer que la fase de decaimiento es un decrecimiento lineal que comienza cuando el 70% de la carga de fuego se ha consumido y que se completa cuando la carga de fuego se ha consumido por completo. Hallaremos las curvas gráficamente tanto de la fase estacionaria como decaimiento con las siguientes ecuaciones:

$$70\% Q_{f,d} = \int_0^{t_1} \left(\frac{t_1}{t_\alpha}\right)^2 \cdot dt + \int_{t_1}^{t_2} RHR_{max} \cdot dt$$

$$30\% Q_{f,d} = \frac{1}{2} \cdot (t_3 - t_2) \cdot RHR_{max}$$

Comentado como se halla la curva de velocidad de liberación de calor se obtendrá para los distintos recintos.

Cámara de congelados

Deberemos introducir en CFAST algunos valores que previamente debemos calcular como es la carga de fuego total, para ello tomamos algunos datos del capítulo 2 de cuando se calculó el riesgo intrínseco del sector.

Q_{vi} , cámara 2 = 89 Mcal/m³

s_i = 648,47 m²

h_i = 9,90 m

siendo,

Q_{vi} carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.

h_i altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles, (i), en m.

S_i superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m².

$$\text{Carga de fuego total } (Q_f) = q_{vi} \cdot s_i \cdot h_i \cdot 4,184 = 2.390.599 \text{ MJ}$$

El parámetro t_α y la máxima velocidad de liberación de calor RHR_f [kW/m²] para diferentes actividades se indican en la tabla E.5 de la UNE-EN 1991-1-2:2004. Los valores indicados en esta tabla solo son válidos cuando el coeficiente δ_{q2} sea igual a 1,0 que corresponde a uso de vivienda, administrativo, residencial o docente. Dado que una cámara de congelados no se asemeja a ninguno de estos usos y en su interior se apilan palets de madera hasta una altura de 9,90 m se escoge una tasa de liberación de calor ultra-rápida y una máxima velocidad de liberación de calor de 5.000 (kW/m²)

$$RHR_{max} = RHR_f \cdot A_f = 5.000 \cdot 33,33 = 166650 \text{ kW} = 166,7 \text{ MW}$$

Con las ecuaciones descritas al comienzo de este apartado hallaremos los tiempos t_1 , t_2 , t_3 necesarios para dibujar la curva de liberación de calor de la cámara de congelados. El resto de datos que se deben introducir se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Heat Combustion} = q_{vi} \left(\frac{\text{Mcal}}{\text{m}^3}\right) \cdot 4,184 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Mcal}}\right) = 372,4 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} = 3.724 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Time to peak} = t_1$$

$$\text{Steady burning period} = t_2 - t_1$$

$$\text{Decay time} = t_3 - t_2$$

A continuación se muestra una tabla resumen con los datos necesarios ya calculados que hay que introducir en CFAST.

Datos CFAST	
t_a (s)	75
A_f (m ²)	33,33
RHR _{max} (kW)	166.650
t_1 (s)	968,2
t_2 (s)	11009,7
t_3 (s)	19616,7
Heat Combustion (kJ/kg)	3.724
Time to peak	968,2
Steady burning period	10041,5
Decay time	8607,0

Tabla 93. CFAST. Datos fuego cámara congelados

Con esto obtenemos una tasa de liberación de calor con la siguiente forma:

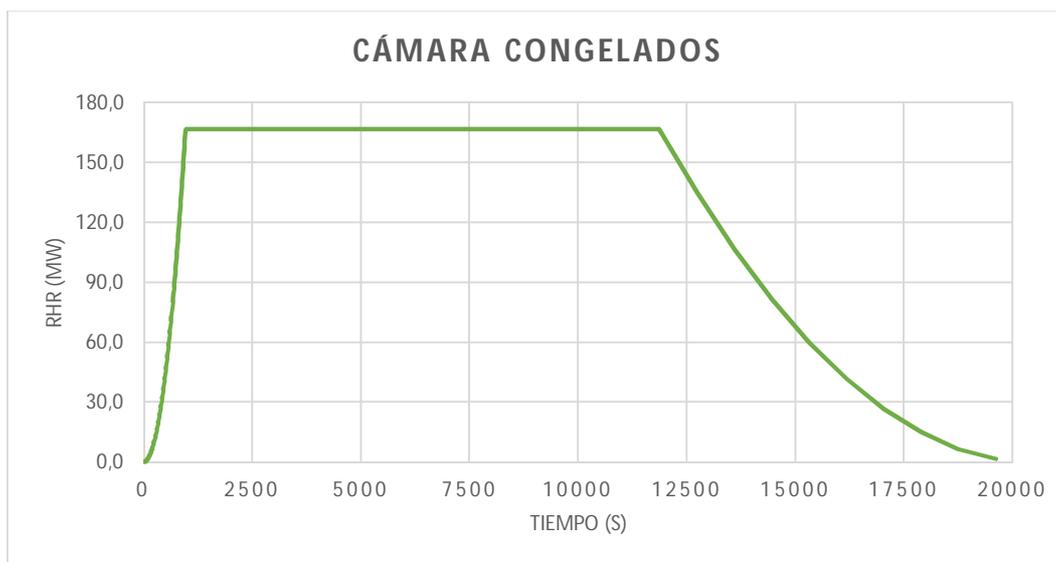


Ilustración 20. Tasa de liberación de calor cámara de congelados

En la pestaña "fire" deberemos introducirle además el tipo de combustión y el hollín o ceniza producido en la combustión. Para este caso escogemos un fuego de madera de la biblioteca de CFAST, ya que de este material estarán compuestos los palets sobre que el que apoya la mercancía almacenada.

C	6
H	10
O	5
Soot Yield (kg/kgO ₂)	0,015

Tabla 94. Tipo combustible y hollín

Finalmente ubicaremos en las coordenadas X, Y, Z deseadas el incendio y marcaremos el criterio de ignición, que lo fijaremos en la variable de tiempo a los 10 segundos. El fuego lo posicionaremos en el centro de la cámara.

A continuación se adjunta una imagen de la pestaña “fire” que recopila todos los datos introducidos.

The screenshot displays the CFAST software interface for defining a fire. At the top, a table lists fire parameters:

Num	Compartment	Fire	Ignition by	Set Point	X Position	Y Position	Z Position	Peak Q
1	cámara 2	Fuego 1	Time	10	10.9	18.15	0	166650

Below the table are buttons for 'Add New', 'Add t²', 'Duplicate', 'From File', and 'Remove'. The main configuration area for 'Fire 1 (of 1)' includes:

- Name: Fuego 1
- Compartment: cámara 2
- C: 6
- H: 10
- O: 5
- N: 0
- Cl: 0
- Heat of Combustion: 3724 kJ/kg
- Soot Yield: [empty]
- CO Yield: [empty]
- TS Yield: [empty]
- Radiative Fraction: 0.37
- Position X: 10.9 m
- Position Y: 18.15 m
- Position Z: 0 m
- Ignition Criterion: Time
- Set Point: 10 s
- Ignition Target: [empty]

A table below the configuration shows the fire's performance over time:

Time (s)	HRR (kW)	Height (m)	Area (m²)	CO Yield	Soot Yield	TS Yield
0	0.0	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
96.82	1666.5	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
193.64	6666.0	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
290.46	14998.5	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
387.28	26664.0	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
484.1	41662.5	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
580.92	59994.0	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
677.74	81658.5	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
774.56	106656.0	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
871.38	134986.5	0.00	33.330	0.0066	0.015	0
968.2	166650.0	0.00	33.330	0.0066	0.015	0

To the right, a graph titled 'Fuego 1: HRR (kW)' shows the Heat Release Rate over time, with a peak of approximately 1.6e+05 kW at around 1000 seconds.

Ilustración 21. CFAST. Ejemplo “fire” cámara congelados

Muelle expedición/recepción

Se averiguan los datos que hay que introducir en CFAST de la misma forma que se ha comentado para la cámara de congelados. En este caso tomaremos una velocidad de crecimiento del fuego rápida con RHR_f de 500 kW/m².

Datos CFAST	
t _α (s)	150
A _f (m²)	9,0
RHR _{max} (kW)	4500
t ₁ (s)	318.2
t ₂ (s)	20664,9
t ₃ (s)	38104,9
Heat Combustion (kJ/kg)	20083
Time to peak	318.2
Steady burning period	20346,7
Decay time	17440,0

Tabla 95. CFAST. Datos fuego muelle

La curva de liberación de calor para esta estancia queda de la siguiente forma:

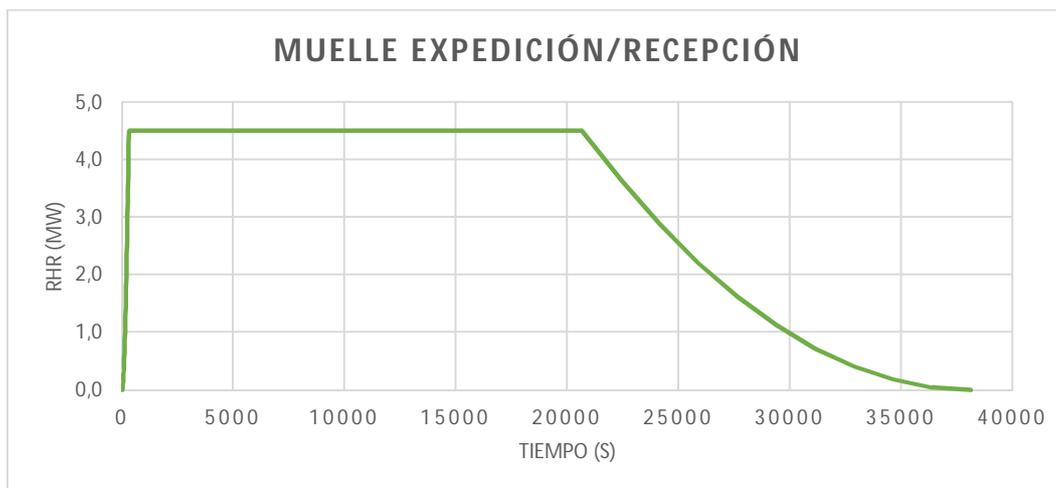


Ilustración 22. Tasa de liberación de calor muelle

Tipo de combustión y hollín o ceniza producido:

C	6
H	10
O	5
Soot Yield (kg/kgO ₂)	0,015

El fuego lo situaremos en el centro del muelle y se iniciará a los 10 segundos.

Cargabaterías

A falta de datos de lo que realmente existirá en este espacio se toma una rapidez de desarrollo del fuego rápida, como más desfavorable. La RHR_r será de 500 kW/m². Los datos a introducir en CFAST serán los siguientes:

Datos CFAST	
t _α (s)	150
A _f (m ²)	20
RHR _{max} (kW)	10000
t ₁ (s)	474.3
t ₂ (s)	1373.9
t ₃ (s)	2144.9
Heat Combustion (kJ/kg)	12050
Time to peak	474.3
Steady burning period	899.5
Decay time	771.0

Tabla 96. CFAST. Datos fuego cargabaterías

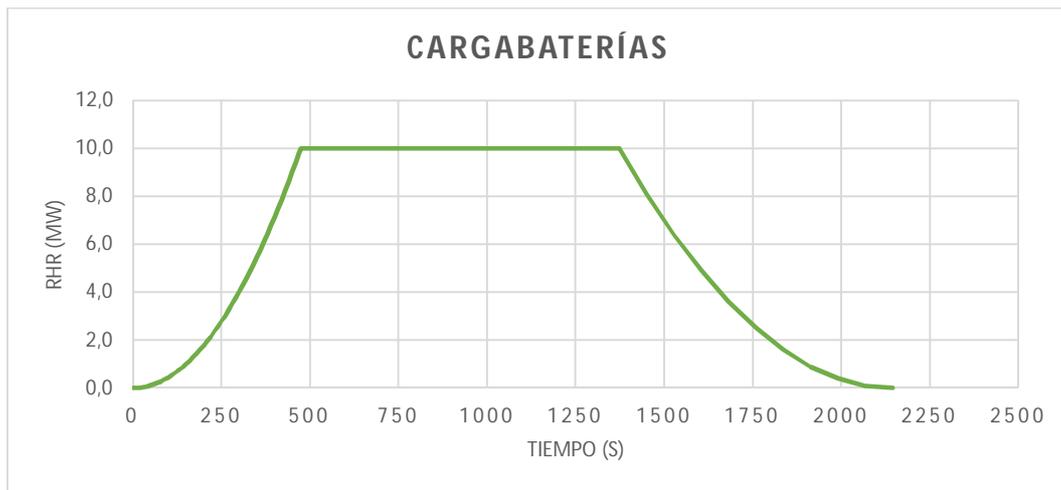


Ilustración 23. Tasa de liberación de calor cargabaterías

El tipo de combustión y de cenizas u hollín será el mismo que para los anteriores casos. El incendio se ubicará en el centro del recinto y se iniciará a los 10 segundos.

1.3.5. Resultados de la simulación

Cámara de congelados

Para estudiar al completo cómo se comporta ante un incendio la cámara de congelados, realizaremos 2 simulaciones. En una primera simulación se determinará el tiempo que tarda un rociador automático en llegar a los 68°C, que es la temperatura a la que deberá disparar. La malla de rociadores se ha dispuesto y como se ha comentado en la justificación del RSCIE según UNE 12845.

Para determinar el tiempo que tarda un rociador en disparar se han colocado sensores de temperatura en las mismas coordenadas X, Y, Z a la que están los rociadores. CFAST genera una hoja de cálculo que registra todos los datos de temperatura en función del tiempo. El resultado de aplicar e introducir todos los datos calculados en anteriores apartados en CFAST junto con la disposición de sensores en cada rociador, nos proporciona la siguiente tabla donde se indica el tiempo en segundos al que disparan los rociadores más próximos al incendio, que recordemos si situaba en el centro de la cámara, que son los rociadores intermedios de la primera fila.

Tiempo (s)	Sensor 1 (°C)	Sensor 2 (°C)	Sensor 3 (°C)	Sensor 4 (°C)	Sensor 5 (°C)	Sensor 6 (°C)
0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0
20	-19,9	-19,9	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0
40	-19,1	-19,1	-19,7	-19,7	-19,7	-19,7
60	-17,8	-17,8	-19,4	-19,4	-19,4	-19,4
80	-16,0	-16,0	-18,8	-18,8	-18,8	-18,8
100	-13,6	-13,6	-18,1	-18,1	-18,1	-18,1
120	-10,5	-10,5	-17,1	-17,1	-17,1	-17,1
140	-5,9	-5,9	-15,8	-15,8	-15,8	-15,8
160	0,3	0,3	-14,0	-14,0	-14,0	-14,0
180	8,0	8,0	-11,7	-11,7	-11,7	-11,7
200	17,7	17,7	-8,7	-8,7	-8,7	-8,7
220	29,6	29,6	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
240	45,5	45,5	0,1	0,1	0,1	0,1
260	66,1	66,1	7,0	7,0	7,0	7,0
280	92,2	92,2	16,3	16,3	16,3	16,3

300	124,3	124,3	28,7	28,7	28,7	28,7
320	164,7	164,7	45,4	45,5	45,5	45,5
340	225,9	225,9	68,6	68,6	68,6	68,6

Tabla 97. CFAST. Simulación 1 cámara congelados

Analizando esta tabla observamos como los sensores 1 y 2 alcanzan una temperatura de 68°C a los 280 segundos, en ese momento los rociadores dispararán y la potencia del incendio se detiene o decae, por lo tanto se detendrá el crecimiento de la curva RHR y el incendio podremos decir que está controlado.

Al cambiar la tasa de liberación de calor, la fase estacionaria de la curva ocurrirá antes, lo que hará que el incendio se prolongue mucho en el tiempo hasta que el incendio se haya o bien sofocado por la unidad de bomberos o quemado absolutamente todo el combustible de la cámara.

Para prever el posible fallo de los rociadores y como medida de seguridad, se aplica el criterio finlandés para limitar la potencia del incendio. Este criterio consiste en doblar la potencia del incendio cuando se dispare el primer rociador. La potencia del incendio a los 280 segundos es de 13,9 MW por lo que doblando la potencia hace un total de 27,8 MW, potencia que alcanzamos aproximadamente a los 395 segundos. Con ello la RHRmax alcanzada se limitará de los 166,7 MW a los 27,8 MW. Los datos para la nueva simulación serán los siguientes:

Datos CFAST	
t _α (s)	75
A _f (m ²)	33,33
RHR _{max} (kW)	27.800
t ₁ (s)	395,0
t ₂ (s)	30384,6
t ₃ (s)	56090,0
Heat Combustion (kJ/kg)	3.724
Time to peak	395,0
Steady burning period	29989,6
Decay time	25705,4

Tabla 98. Nuevos datos de simulación con limitación de energía

Realizada la simulación, podemos observar en la tabla siguiente como progresa la capa de humos en el tiempo y cuál es la temperatura de la capa inferior que es donde se sitúan los operarios. Cabe comentar que la temperatura de la capa inferior es una media de toda la cámara, si quisiéramos conocer un punto en concreto deberíamos disponer un sensor de temperatura.

Tiempo (s)	Temperatura capa inferior (°C)	Altura de la capa (m)
0	-20,0	11,8
20	-20,0	11,6
40	-20,0	11,4
60	-19,9	11,1
80	-19,8	10,4
100	-19,6	9,3
120	-19,2	7,8
140	-18,2	6,4
160	-17,4	5,1
180	-17,4	3,9
200	-16,3	2,8
220	-14,9	1,7

240	-12,7	1,0
260	-9,2	0,6

Tabla 99. CFAST. Cota capa de humos

En la tabla se aprecia como a los 260 segundos la cota de la capa de humos es totalmente inadmisibile, ya que aunque la temperatura no nos afectaría, la visibilidad sería nula y nos impediría llegar hasta el punto de evacuación. Se toma como límite para evacuar la cámara 200 segundos, donde la altura de los humos es aproximadamente de 2,80 m, ya que el límite que propone la norma para edificios no públicos es de 2,50 m, límite que a los 220 segundos se vería superado.

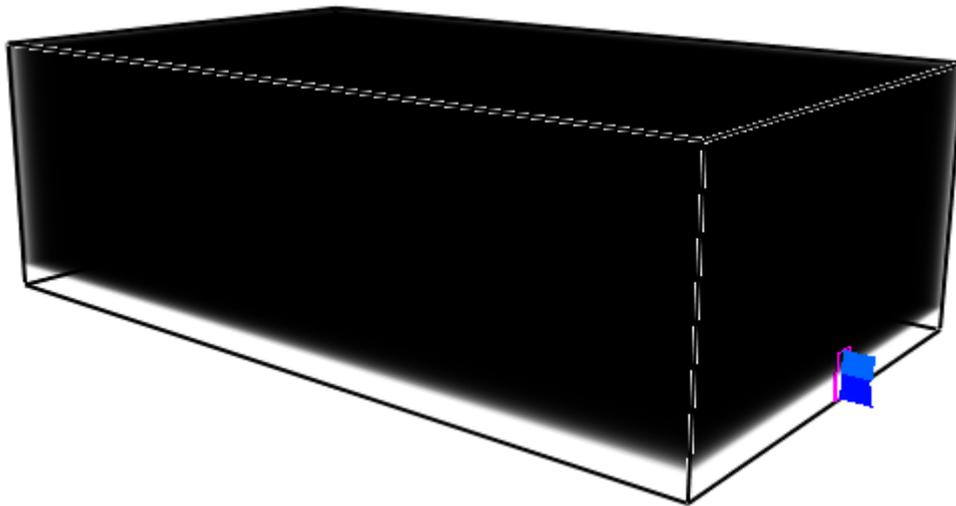


Ilustración 24. CFAST. Dispersión humo a los 260 s

Los sistemas automáticos de detección en la cámara no existen como ya se ha justificado en el capítulo 2 mediante el RSCIEI "Cuando se realice la instalación de un sistema de rociadores automáticos de agua, concurrentemente con la de un sistema automático de detección de incendio que emplee detectores térmicos de acuerdo con las condiciones de diseño, quedará cancelada la exigencia del sistema de detección". Los rociadores automáticos, que son los únicos dispositivos para detectar el incendio y dar la señal de alarma, disparan a los 280 segundos, luego nos lleva a un problema al bajar la capa de humo hasta el inferior de la cámara en tan solo 260 segundos, por lo que será necesario instalar un sistema de detección automático de incendios más eficaz y poder evacuar con toda seguridad el recinto.

Entre los múltiples sistemas de detección automática que existen, escogemos los sistemas de detección por aspiración, ya que son los ideales para la protección de lugares donde los detectores puntuales son de difícil instalación, acceso y mantenimiento, como son las cámaras de congelados. Estos sistemas se basan en el análisis del aire aspirado de la zona protegida mediante una red de tuberías. La elección de estos detectores es por su alta sensibilidad.

A la altura del techo, que es donde se instalará el sistema de detección, colocamos un sensor de temperatura para comprobar cuanto tiempo tarda en aumentar la temperatura de la capa superior en 10°C, en ese momento habrá la suficiente cantidad de humo y cenizas para que el sistema de detección por aspiración advierta del incendio y haga sonar la alarma para evacuar el recinto, veamos en la siguiente tabla obtenida de CFAST en que momento se produce:

Tiempo (s)	Sensor techo (°C)
0	-20,0
20	-18,2
40	-11,7
60	-6,7
80	-3,4
100	-2,0
120	-0,1
140	3,8
160	9,8

Tabla 100. CFATS. Temperatura sensor techo

60 segundos es el tiempo que tardaría el sistema de detección por aspiración en detectar que hay un incendio, por lo que a partir de ese momento saltaría la alarma para avisar a los operarios que se encuentren en su interior y evacuar la cámara. Es importante comentar que existen también pulsadores manuales en ambas salidas de las cámaras luego el tiempo en detectar el incendio se podría reducir. Se toma los 60 segundos como el tiempo más desfavorable en detectar el incendio. En el siguiente apartado se comprobará que el tiempo de evacuación sea el adecuado.

Estas simulaciones previas se han realizado sin ningún tipo de sistema de control de temperatura y evacuación de humos, tan solo unas aberturas que representan las puertas por donde evacúan los operarios. Ahora en las siguientes simulaciones se comprobará que los exutorios de cubierta y aireadores de fachada no funcionan en este tipo de establecimientos mediante una comparación entre dos recintos exactamente iguales pero con distinta temperatura interior.

➤ *Viabilidad de un sistema de control de temperatura y evacuación de humos en cámaras de congelados*

En las cámaras de congelación, se debe mantener una temperatura por debajo de cero de forma que se garantice un perfecto estado de conservación de los alimentos que contienen, como pescado que es el producto almacenado en este establecimiento.

Este tipo de almacenes deberían disponer de un SCTEH de tiro natural, cuyo funcionamiento se basa en la flotabilidad de los humos más calientes debido a su menor densidad que el aire ambiente. Por ello se debería conocer si realmente son eficaces estos sistemas incluso en cámaras de congelación.

En un ejemplo común de SCTEH se requiere de un reemplazamiento de aire por fachada que se verá cómo afecta ante un incendio.

Es importante comentar que las cámaras de congelación son almacenes completamente aislados del exterior, por tanto en caso de producirse un incendio éstos se encontrarán cerrados. El aire en el interior de la cámara presenta una densidad elevada por encontrarse a una temperatura mucho más baja que la ambiental, por ello los humos generados por el incendio, aunque se enfrían rápidamente, tienen flotabilidad y se acumulan en las cotas altas de la cámara. Así pues, antes de la activación del SCTEH, se ha formado una capa de gases con una temperatura por encima de la temperatura interior de la cámara, y bajo ella se tiene una zona de aire frío con elevada densidad.

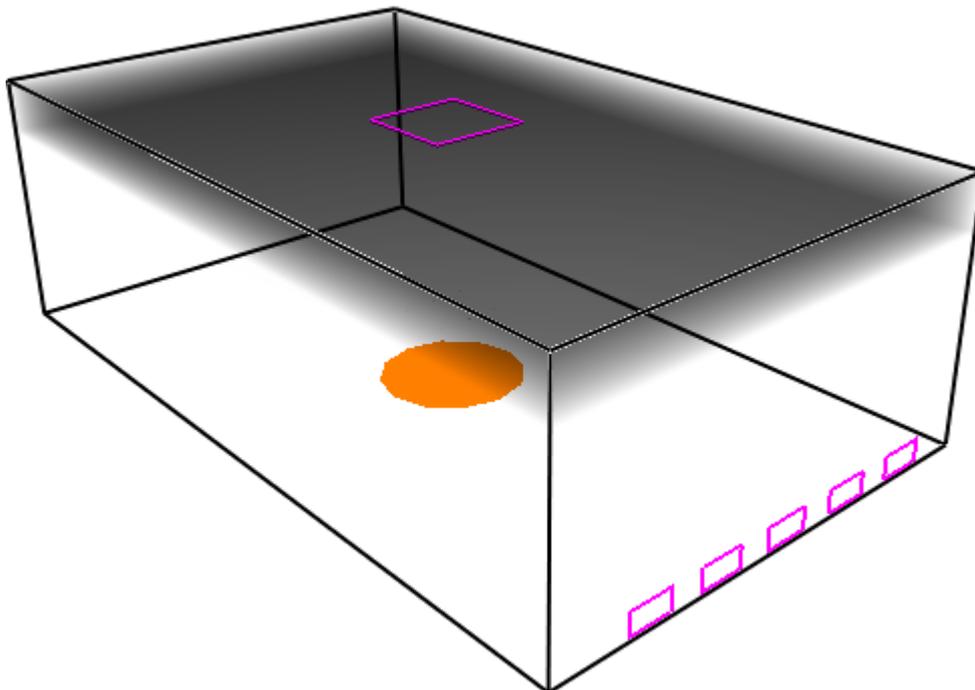


Ilustración 25. CFAST. SCTEH cerrado a los 80 segundos

En la imagen anterior se ha programado el SCTEH para una apertura a los 100 segundos, por lo que vemos como a los 80 segundos que todavía están cerrados, como el humo empieza a acumularse en las cotas más altas.

Cuando se produce la apertura del SCTEH, manual o automáticamente, la elevada densidad del aire interior de la cámara impone el sentido de los flujos. En este caso el aire frío sale por los aireadores de fachada y por continuidad entra aire del exterior por los exutorios de cubierta. El caudal entrante por cubierta empuja los humos acumulados bajo cubierta hacia las cotas bajas de la cámara.

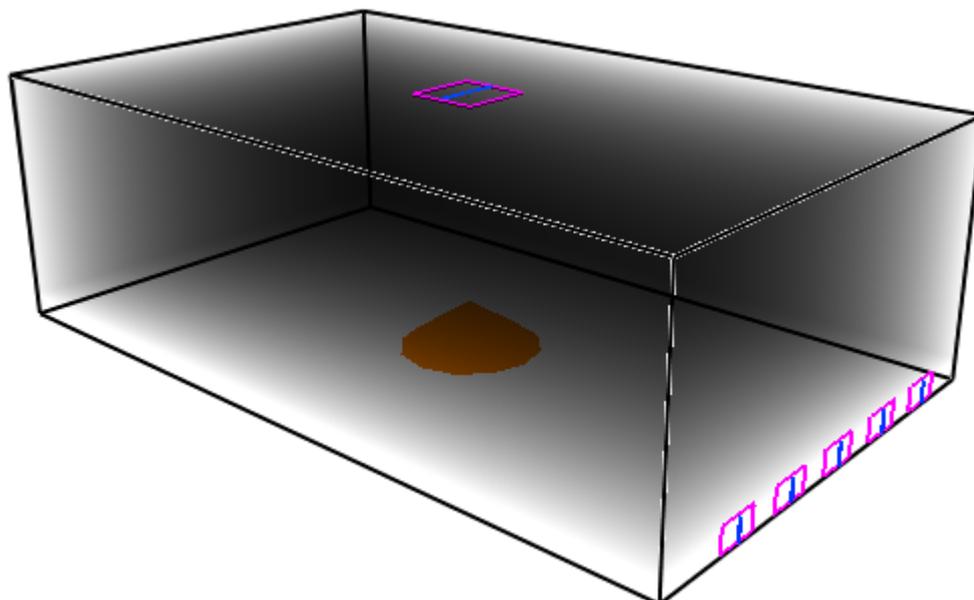


Ilustración 26. CFAST. SCTEH abierto a los 240 segundos

A medida que transcurre el tiempo y si el incendio continúa activo, el aire frío del interior se vacía paulatinamente a través de los aireadores de fachada y el que queda dentro va ganando temperatura. Por otra parte en las zonas altas del almacén sigue aumentando la temperatura por la acumulación de gases calientes. La suma de estas circunstancias hace que el sentido de los flujos vaya revertiéndose hasta corregirse por completo, es decir termina por evacuarse humo a través de los exutorios de cubierta y se reemplaza aire por los equipos de fachada.

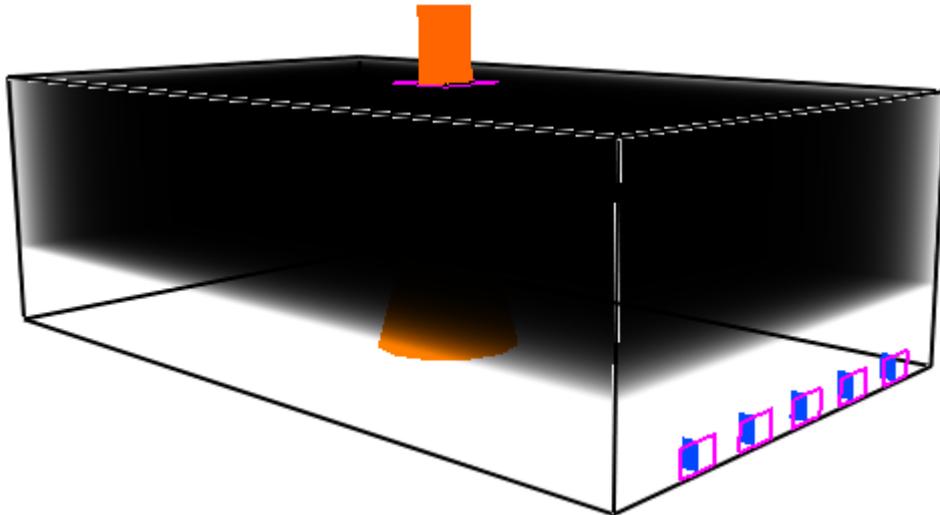


Ilustración 27. CFAST. Simulación a los 660 segundos

Aunque finalmente el sentido de los flujos es el correcto, este hito se produce demasiado tarde, cuando el humo en el interior de la cámara ya ha bajado lo suficiente para que los ocupantes pierdan la visibilidad.

De lo contrario, en un almacén donde la temperatura interior es 20°C al igual que en el exterior, los exutorios comienzan a funcionar desde un primer momento, vemos en la siguiente imagen como tanto los aireadores de fachada como los exutorios de cubierta, el flujo de aire es el adecuado para que funcionen estos sistemas.

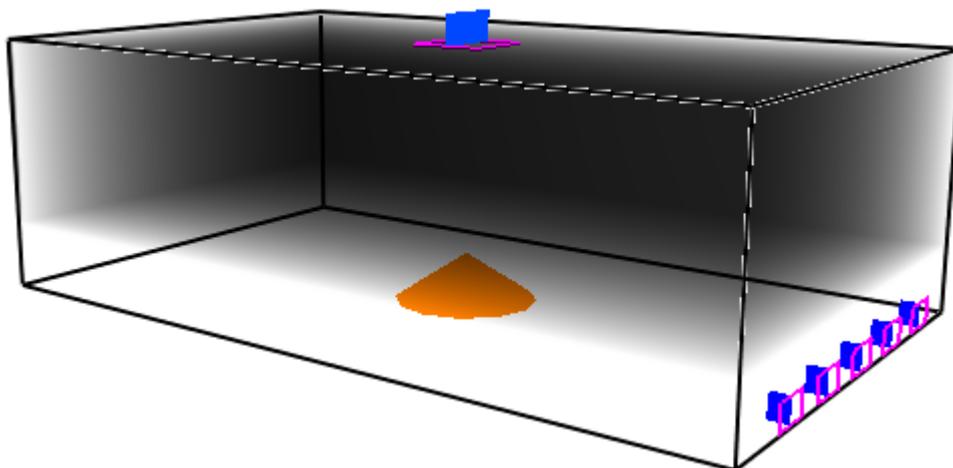


Ilustración 28. CFATS. Interior a 20°C a los 240 segundos

A los 240 segundos en un mismo recinto con temperatura negativa de 20°C todavía no se había invertido el flujo, por lo que el humo había sido empujado hasta las cotas más bajas de la cámara, impidiendo así la visibilidad y aumentando el peligro que conlleva inhalar esos humos. De lo contrario, con una temperatura

igual a la del exterior se consigue sostener esa capa de humos más arriba cuanto mayor sea la superficie de los exutorios de cubierta y aireadores de fachada.

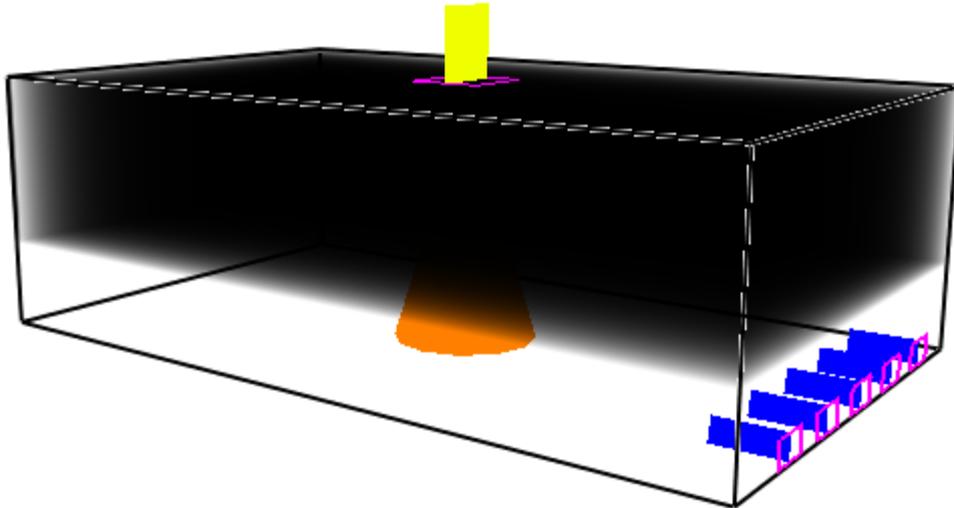


Ilustración 29. CFAST. Interior a 20°C a los 660 segundos

En definitiva, el rendimiento de un SCTEH de tiro natural en un establecimiento con temperaturas de congelación no es correcto, ya que los flujos que se establecen tras la apertura de los aireadores tienen el sentido opuesto al que deberían, provocando que rápidamente el humo pase a ocupar las cotas bajas del espacio disponible.

Muelle expedición/recepción

El muelle no es un recinto de temperatura negativa, tan solo estará refrigerado a una temperatura de +10°C, en este caso si se ha justificado y calculado un sistema de control de temperatura y evacuación de humos en el capítulo 2. Comprobaremos que el diseño funciona perfectamente.

Lo que primero se debe conocer es cuánto tiempo tarda en disparar el primer rociador, ya que nos podría cambiar la tasa de liberación de calor y por lo tanto el progreso del incendio. Para conocer este tiempo disponemos un sensor de temperatura en la misma coordenada donde está posicionado el rociador más cercano al foco del incendio y observamos el tiempo que tarda en llegar a los 68°C (temperatura de disparo de rociadores de ampolla roja).

Tiempo (s)	Sensor techo (°C)
0	10
20	10,8
40	12,7
60	16,6
80	22,3
100	30,1
120	39,9
140	51,6
160	65,3
180	81,2

Tabla 101. CFAST. Tiempo disparo rociador muelle

Para que los rociadores disparen lo antes posible se ha simulado con los exutorios cerrados, de esta forma se acumulará el humo en las cotas más altas y aumentará más deprisa la temperatura. El tiempo que tarda en disparar el rociador más cercano al incendio es 180 segundos. Este tiempo podría verse superado si el rociador no dispara por una falta de mantenimiento y funcionamiento del propio rociador, por lo que al igual que en las cámaras de congelados aplicamos el método finlandés y doblamos la potencia del incendio en ese mismo instante, con ello estaremos en la situación más desfavorable. Este método es únicamente a efectos de limitar la potencia del incendio.

Llegados al tiempo de disparo del primer rociador, la potencia del incendio es de 1,4 MW, si doblamos esta cifra llegamos a una potencia de 2,8 MW producida a los 250 segundos, este será el tiempo al que se limita la RHR_{max} .

Por lo tanto los nuevos datos de simulación serán los siguientes:

Datos CFAST	
t_a (s)	250
A_f (m ²)	9,0
RHR_{max} (kW)	2.800
t_1 (s)	350,0
t_2 (s)	1.890,9
t_3 (s)	3.297,3
Heat Combustion (kJ/kg)	20.083
Time to peak	350,0
Steady burning period	1.640,9
Decay time	1.406,5

Veamos a continuación hasta que cota baja la capa de humos:

Tiempo (s)	Temperatura capa inferior (°C)	Altura de la capa (m)
0	10,0	4,9
20	10,3	4,8
40	10,6	4,6
60	10,9	4,4
80	11,2	4,2
100	11,6	3,9
120	12,2	3,6
140	12,8	3,3
160	13,5	3,1
180	14,4	2,8
200	15,5	2,5
220	16,9	2,3
240	18,7	2,1
260	20,9	1,9
280	23,3	1,8
300	26,0	1,7
320	28,9	1,7
340	31,7	1,7
360	34,0	1,7
380	35,9	1,7
400	37,6	1,8
420	39,0	1,9

600	48,3	2,5
800	53,6	2,6
1000	55,9	2,6
2000	61,9	2,6

Tabla 102. CFAST. Cota de humos muelle

El sistema se ha diseñado para mantener la capa de humos a una cota de 2,50 m como dice la norma, aunque como vemos en la tabla hay un periodo comprendido entre los 200 y los 600 segundos en lo que sobrepasamos este límite por lo que habrá que comprobar que antes de 200 segundos se haya evacuado totalmente el personal del muelle. A partir de los 600 segundos y durante todo el tiempo que permanece el incendio la capa de humos no baja de los 2,50 m y se mantiene hasta que la potencia disminuye y el humo es evacuado por completo.

Como se ha comentado, la respuesta del primer rociador se produce a los 180 segundos, tiempo muy cercano al que tarda la capa de humo en llegar a la altura límite de 2,50 m, luego será necesario instalar un sistema de detección que actúe antes para poder evacuar con toda seguridad las instalaciones.

Para este recinto, el sistema de detección ideal por su geometría es el detector de humo lineal mediante rayos infrarrojos. Estos dispositivos envían un cono de luz infrarroja hacia un reflector al tiempo que recibe el rayo de luz reflejado. Cuando este es amortiguado por el humo, emite una alarma al instante.

CFAST, nos permite la opción de disponer sensores de humo en la instalación, por lo que se podrá conocer el tiempo que tarda este tipo de detección en alertar de la existencia de un incendio. Programando su activación para un oscurecimiento del 10%/m, el detector actúa a los 100 segundos.

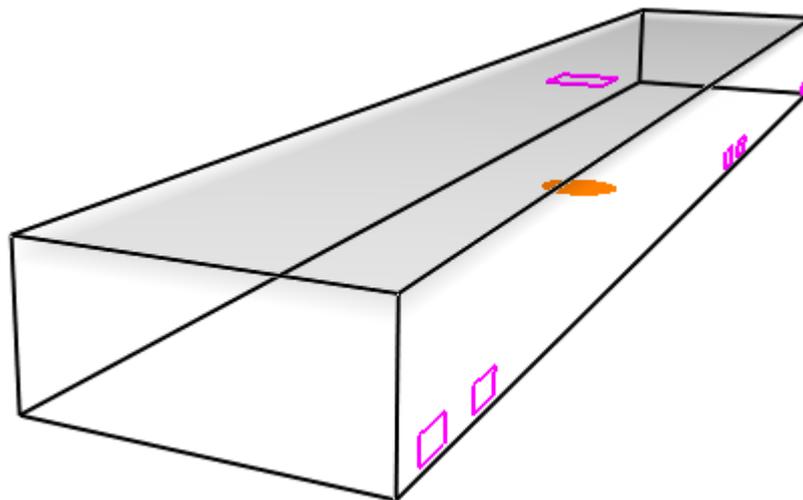


Ilustración 30. CFAST. Simulación a los 100s. Humo acumulándose en capas más altas

La imagen anterior permite ver como el humo comienza a acumularse en las cotas más altas del muelle a los 100 segundos cuando actúa el detector. Los exutorios aún permanecen cerrados porque todavía no se han disparado los rociadores.

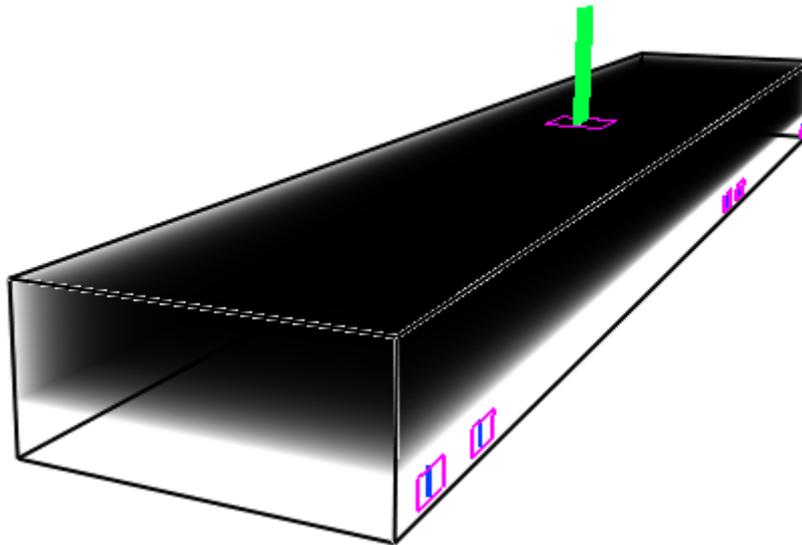


Ilustración 31. CFAST. Cota máxima alcanzada por los humos a los 360 segundos

Comprobaremos en el apartado siguiente que antes de que los humos lleguen a su cota más baja como en la ilustración anterior, los ocupantes hayan desalojado por completo el muelle.

Cargabaterías

Al igual que en los anteriores ejemplos de simulación, lo primera será calcular el tiempo de respuesta del primer rociador. En este caso los exutorios/aireadores permanecerán abiertos desde el inicio del incendio.

Tiempo (s)	Sensor techo (°C)
0	20,0
20	20,6
40	22,0
60	24,3
80	28,1
100	33,1
120	39,8
140	47,8
160	57,3
180	68,4

Ilustración 32. CFAST. Tiempo respuesta primer rociador cargabaterías

El tiempo al que dispara el rociador más cercano al incendio es de 180 segundos, aplicando el ya mencionado método finlandés de doblar la potencia del incendio para prever posibles fallos en el rociador. La potencia del incendio a los 180 segundos es de 1,4 MW por lo que doblando esta potencia obtenemos 2,8 MW a los 250 segundos, por lo que la potencia alcanzada en ese instante será el RHR_{max} del incendio. Ahora habrá que corregir la curva de la tasa de liberación de calor para insertar nuevos datos en CFAST del incendio.

Datos CFAST	
t_{α} (s)	150
A_f (m ²)	20,0
RHR_{max} (kW)	2.800
t_1 (s)	250,0
t_2 (s)	1.800,9

t ₃ (s)	3.130,3
Heat Combustion (kJ/kg)	12050
Time to peak	250,0
Steady burning period	1550,9
Decay time	1329,4

Ilustración 33. CFAST. RHR corregida cargabaterías

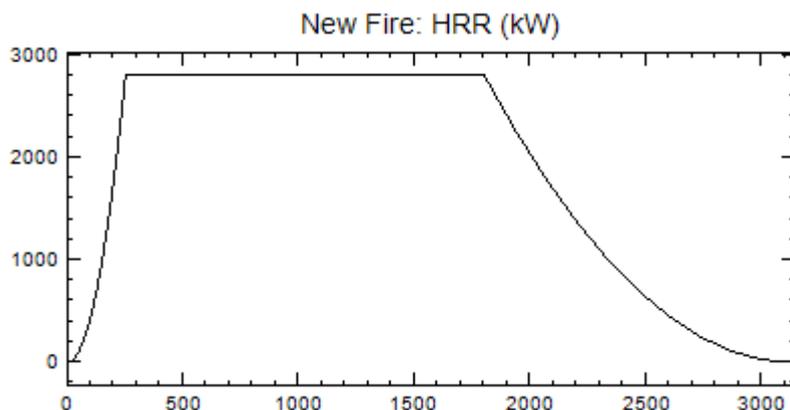


Ilustración 34. CFAST. RHR cargabaterías

Corregido el incendio con los nuevos datos e introducidos en CFAST, comprobaremos que el diseño de aireadores de fachada es adecuado según lo calculado en el capítulo 2 de este documento. Cabe mencionar que la zona del cargabaterías dispone de una segunda planta, la cual es un sector independiente por lo que no se pueden disponer exutorios en cubierta, los previamente calculados se dispondrán en fachada.

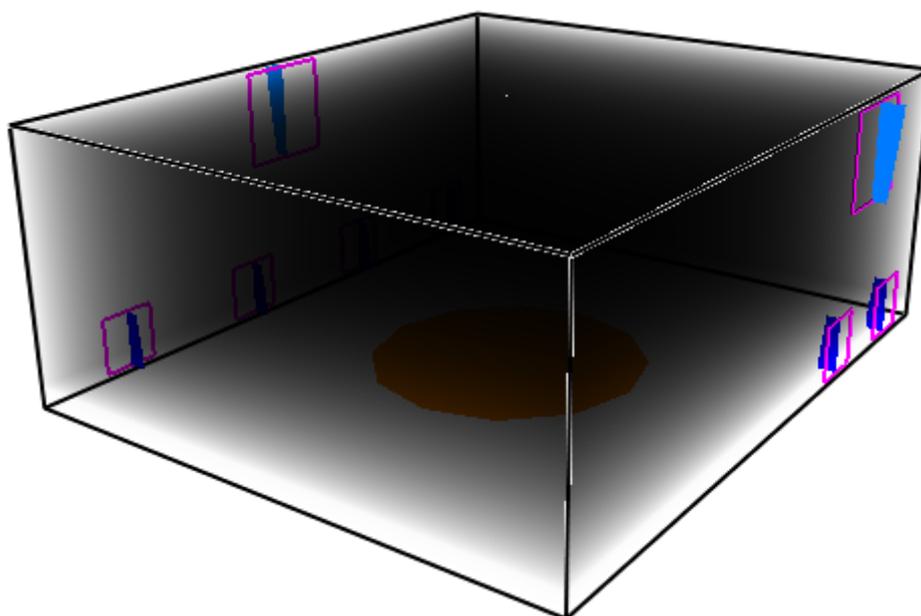


Ilustración 35. CFAST. Simulación a los 180 segundos con aireadores precalculados

Tiempo (s)	Temperatura capa inferior (°C)	Altura de la capa (m)
0	20,0	4,9
20	20,0	4,2
40	20,1	3,2
60	20,2	2,3
80	20,4	1,5
100	20,8	1,0
120	21,3	0,6
140	22,0	0,5
160	22,7	0,4
180	23,4	0,4
200	24,1	0,5

Tabla 103. CFAST. Progresión de la capa de humos cargabaterías

La ilustración 33 refleja el diseño de aireadores que previamente se había calculado, y que como vemos al ser un recinto con poca superficie y un área de incendio tan grande, se ve rebasado el límite de 2,50 m de espacio libre de humos en menos de 180 segundos, tiempo en el que la capa de humos ya ha llegado hasta el suelo del recinto, luego es una situación que no se puede aceptar. En la tabla 101 se puede ver el progreso de la capa de humos en este recinto y la media de la temperatura que hay en la capa inferior.

Para solucionar este problema se corregirán las superficies aerodinámicas calculadas por otras de mayor tamaño. En este recinto la temperatura será igual a la temperatura ambiente, por lo que los huecos libres no serán inconveniente en cuanto a pérdidas o ganancias de calor se refiere, pueden ser rejillas de aireación comunes, siempre abiertas.

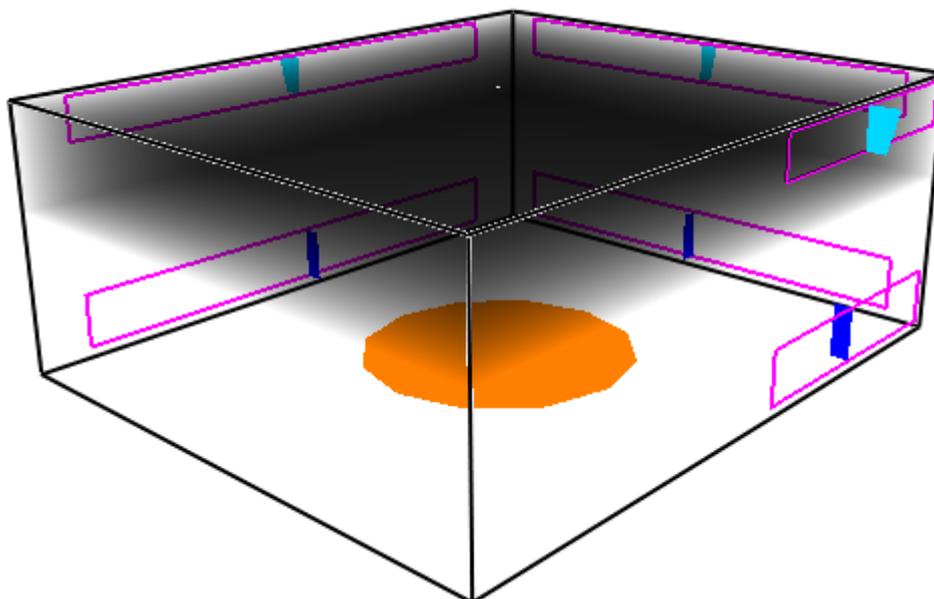


Ilustración 36. CFAST. Nueva disposición de rejillas

Tiempo (s)	Temperatura capa inferior (°C)	Altura de la capa (m)
0	20,0	4,9
20	20,0	4,2
40	20,1	3,5

60	20,2	3,0
80	20,3	2,7
100	20,5	2,7
120	20,7	2,8
140	21,0	2,9
160	21,3	3,0

Tabla 104. CFAST. Progresión de la capa de humos con la nueva disposición de rejillas

Aumentando la superficie aerodinámica de los exutorios/aireadores de fachada logramos que la capa de humos no rebase el límite de los 2,50 m que propone la norma para edificio no públicos como se puede ver en la tabla 102 y la ilustración 34, eso implica no preocuparse en la evacuación de los ocupantes ya que no perderán la visibilidad en ningún momento y no habrá peligro de inhalación de humo y cenizas.

Al ser un espacio reducido, el incendio podrá verse desde cualquier parte del recinto, por lo que el tiempo de actuación del operario en pulsar el detector manual será siempre más rápido que cualquier otro tipo de sistema de detección, por lo que se considera que no es necesario prever un sistema de detección automático en el cargabaterías. En el caso de que se produzca un incendio y no exista nadie en su interior, el primer rociador que dispara a los 180 segundos hará que la central de alarma de incendio (CAI) emita una señal de alarma para avisar al resto de operarios.

2. TIEMPOS DE EVACUACIÓN

Para el cálculo del tiempo de evacuación se ha tomado como mejor referencia la NTP 436 "Cálculo estimativo de vías y tiempos de evacuación". Es una guía de buena práctica y sus indicaciones no son obligatorias, aunque para el caso que estamos estudiando puede ser totalmente válida.

En el desalojo por incendio o emergencia en un local o edificio esta guía plantea cuatro tiempos diferenciados de evaluación, el tiempo de detección t_D , el de alarma t_A , el de retardo t_R y el tiempo propio de evacuación t_{PE} , véase la siguiente figura 1:

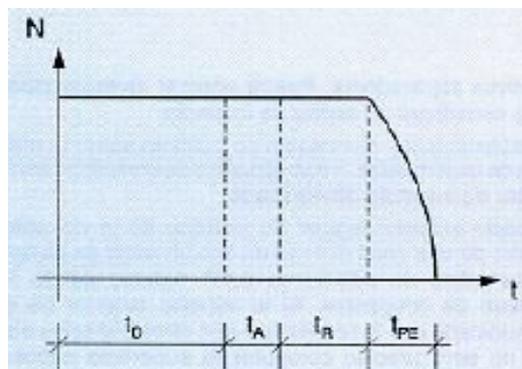


Ilustración 37. Fig.1: Relación entre el número de personas evacuadas y el tiempo de evacuación

La suma de todos es el tiempo de evacuación. Este y sus diferentes componentes está en función del grado de implantación del plan de emergencia.

$$t_E = t_D + t_A + t_R + t_{PE}$$

Para la optimización del tiempo total de evacuación se puede considerar la forma de hacer mínimos cada uno de los tiempos sumandos.

El tiempo de detección t_D es el tiempo de detección automático o humano, el de comprobación de la emergencia y el de aviso para iniciar la alarma. En el caso de detección automática, la central de alarma puede estar programada para activar la alarma correspondiente, iniciando la evacuación, este el caso de la cámara de congelados y el muelle de carga/descarga. En el caso de detección por una persona transcurrirá un tiempo hasta que se verifique la gravedad del suceso y se notifique la necesidad de activar la alarma correspondiente.

El tiempo de alarma es el propio de emisión de (los mensajes correspondientes) por los medios de megafonía, luces o sonidos codificados. Este tiempo depende de la bondad técnica y de comunicación colectiva de los mencionados mensajes.

El tiempo de retardo es el asignado para que el colectivo de personas a evacuar asimile los mensajes de alarma e inicien el movimiento hasta los itinerarios correspondientes de salida. Este tiempo en situaciones con personal adiestrado en el plan de emergencia como son los operarios que allí trabajen no debería superar los 60 segundos.

El tiempo propio de evacuación se inicia en el momento que las primeras personas usan las vías de evacuación con intención de salir al lugar seguro preindicado. Para el cálculo de este tiempo se considera que en el caso de una persona adulta sin impedimentos físicos, la velocidad de desplazamiento horizontal se podría estimar a razón de un metro por segundo y en desplazamiento vertical (escaleras), podría ser de medio metro por segundo.

Comentado un poco todos los tiempos que se estiman oportunos para el cálculo del tiempo de evacuación, comprobemos que cumple el sector con más riesgo de este establecimiento, el sector 1 correspondiente a las cámaras de congelados, el muelle y cargabaterías.

Cámara de congelados

El tiempo de detección (t_D) más desfavorable en este recinto es el proporcionado por el sistema de detección por aspiración que se ha comentado en el apartado anterior dentro de este mismo capítulo. Este tiempo es de 60 segundos.

El tiempo de alarma (t_A) no existe, dado que el sistema de detección actúa al instante, por lo que el tiempo será 0 segundos.

El tiempo de retardo (t_R), dado que las personas que ocuparán este espacio estarán adiestradas en el plan de emergencia se tomará en un máximo de 60 segundos, tiempo suficiente para que las personas asimilen la existencia de un incendio.

El tiempo propio de evacuación (t_{PE}), y estimando un fuego en el medio de la cámara, supone un recorrido hasta el exterior igual o menor a 25 metros en horizontal, por lo que tomando una velocidad de 1m/s, el tiempo máximo en evacuar la cámara es de 25 segundos.

$$t_E = t_D + t_A + t_R + t_{PE} = 60 + 0 + 60 + 25 = 145 \text{ segundos}$$

El tiempo que tarda en sobrepasar la capa de humos el límite admisible de 2,50 m es de 200 segundos, eso hace que con un tiempo máximo y más desfavorable de 145 segundos se evacúa con toda seguridad la cámara.

Muelle

El tiempo de detección (t_D) en el caso del muelle es el que tarda el sistema de detección por rayos infrarrojos que se ha programado para que se active cuando el oscurecimiento es mayor que el 10%/m, este tiempo es de 100 segundos.

El tiempo de alarma (t_A) no existe, dado que el sistema de detección actúa al instante, por lo que el tiempo será 0 segundos.

El tiempo de retardo (t_R), dado que las personas que ocuparán este espacio estarán adiestradas en el plan de emergencia se tomará en un máximo de 60 segundos, tiempo suficiente para que las personas asimilen la existencia de un incendio.

El tiempo propio de evacuación (t_{PE}), y estimando un fuego en el medio del muelle, supone un recorrido hasta el exterior igual o menor a 15 metros en horizontal, por lo que tomando una velocidad de 1m/s, el tiempo máximo en evacuar el muelle es de 15 segundos.

$$t_E = t_D + t_A + t_R + t_{PE} = 100 + 0 + 60 + 15 = 185 \text{ segundos}$$

El tiempo que tarda el humo en llegar al límite ya mencionado es de 200 segundos, eso hace que con un tiempo de 185 segundos en evacuar el muelle sea más que suficiente para asegurar la vida de las personas.

Cargabaterías

El tiempo de detección (t_D) en el caso del cargabaterías es el que tarda una persona en pulsar el detector manual de incendios. Ya se ha comentado que este recinto es pequeño, por lo tanto cualquier persona que se encuentre allí detectará el incendio al instante, el único tiempo de detección es el que tarde en llegar al pulsador que no estima en más de 40 segundos desde el punto más lejano.

El tiempo de alarma (t_A) no existe, dado que el sistema de detección manual actúa al instante, por lo que el tiempo será 0 segundos.

El tiempo de retardo (t_R), dado que las personas que ocuparán este espacio estarán adiestradas en el plan de emergencia se tomará en un máximo de 60 segundos, tiempo suficiente para que las personas asimilen la existencia de un incendio.

El tiempo propio de evacuación (t_{PE}), y estimando un fuego en el medio del muelle, supone un recorrido hasta el exterior igual o menor a 10 metros en horizontal, por lo que tomando una velocidad de 1m/s, el tiempo máximo en evacuar el muelle es de 10 segundos.

$$t_E = t_D + t_A + t_R + t_{PE} = 40 + 0 + 60 + 10 = 110 \text{ segundos}$$

En este caso no existe tiempo límite para evacuar este recinto, ya que el humo nunca llegará hasta abajo por la nueva disposición de rejillas, pero es conveniente evacuar cuanto antes el recinto ya que la temperatura de la capa inferior va aumentando considerablemente.

	Tiempo evacuación (t_E)	Tiempo límite evacuación	Cumplimiento
Cámara congelados	145	200	Cumple
Muelle	185	200	Cumple
Cargabaterías	110	No existe	Cumple

Tabla 105. Resumen tiempos de evacuación

CAPITULO V. VERIFICACIÓN ANALÍTICA DE RESISTENCIA AL FUEGO

1. RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El objeto de este apartado será el de comprobar la resistencia al fuego de todos los elementos de acero, tanto los soportes como las vigas que forman parte del conjunto estructural en las diferentes zonas del establecimiento, pero tan solo aquellas con cierto interés o peculiaridades diferentes.

La resistencia al fuego de los elementos de acero se comprobará mediante el método simplificado que propone el CTE ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura. Se prestará especial atención también a la curva tiempo-temperatura que hemos obtenido en CFATS, y se compararán ambas.

Se determinará la temperatura del acero tanto para aceros revestidos como sin revestir, en función de cómo se encuentren en el establecimiento, viendo la formulación para cada uno de los casos.

1.1. SOPORTES

Los soportes que se pueden identificar en obra se componen principalmente por perfiles metálicos de la serie HEB y HEA, estos últimos son perfiles de la serie de los HEB pero de menor espesor y por lo tanto más económicos.

No se aporta ningún plano específico de los soportes de planta dado que el cálculo estructural no es uno de los objetivos del TFM, pero se identifican a continuación la identificación de los perfiles por zonas, con el objeto de estudiar su comportamiento ante un incendio.

Zonas	Serie
Muelle	HEA 260-320 y HEB 340-500
Cargabaterías / Sala de máquinas	HEA 300-320 y HEB 340-500
Cámaras de congelados	HEA 220-320
Sala de envasados	HEA 220-260
Edificio oficinas	HEA 220-240

Tabla 106. Designación perfiles por zonas.

1.1.1. Curva normalizada tiempo-temperatura

Esta es una curva perteneciente a la familia de las curvas nominales, adoptada para clasificar o verificar la resistencia al fuego. Existen otras curvas nominales como son la curva de fuego exterior o la curva de fuego de hidrocarburos, pero para los casos se van a tratar se toma la normaliza (estándar).

La curva normalizada es la forma más simple de representar un incendio a través de una relación tiempo-temperatura predefinida que es independiente de la carga térmica en el sector de incendio, de las condiciones de ventilación del sector y de las características térmicas del contorno del sector.

Está basada en la curva ISO 834 y asume que la carga de fuego es tipo celulósico (madera, papel, tejidos,...) y no incluye la fase de decaimiento de los fuegos reales producida por el agotamiento de combustible. La temperatura crece desde los 20°C hasta los 842°C en los primeros 30 minutos y con menor pendiente hasta 1.049°C a los 120 minutos.

La definición que da el CTE sobre esta curva es “*curva nominal definida en la norma UNE EN 1363:2000 para representar un modelo de fuego totalmente desarrollado en un sector de incendio.*”

La expresión que define esta curva es la siguiente:

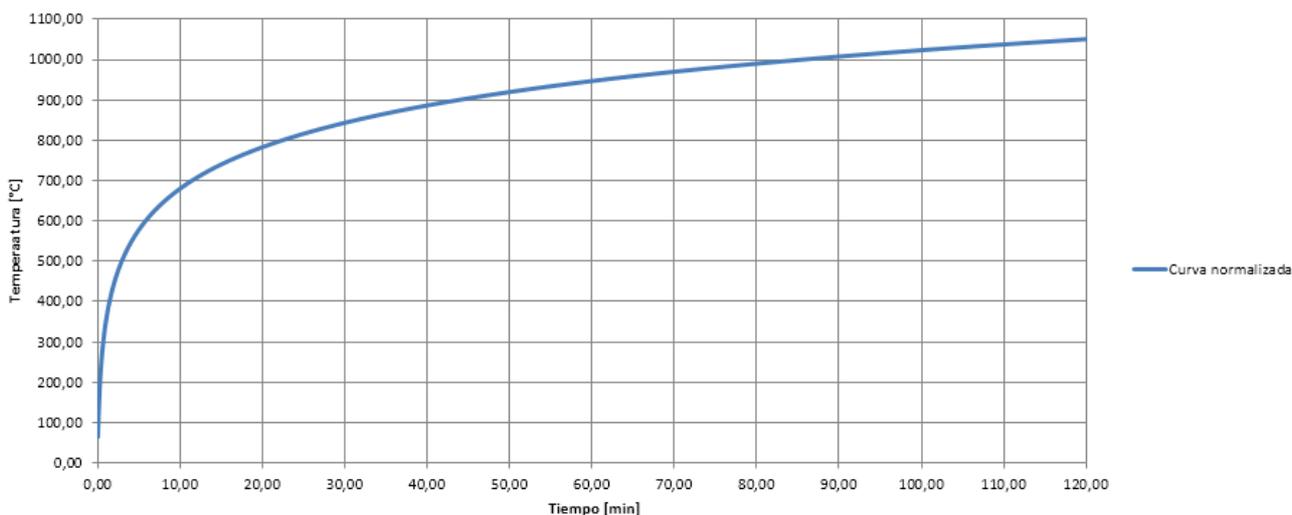
$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log_{10} \cdot (8t + 1)$$

siendo,

θ_g temperatura del gas en el sector [°C]

t tiempo desde la iniciación del incendio [min]

Reflejada la expresión de la curva sobre un gráfico queda de la siguiente forma:



Gráfica 1. Curva normalizada tiempo-temperatura

1.1.2. Tiempo equivalente de exposición al fuego

El tiempo equivalente de exposición al fuego puede usarse como alternativa a la duración de incendio a soportar que se establece en SI6 apartado 3 tabla 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

Ilustración 38. Tabla 3.1. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Tabla 3.2 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en los edificios⁽¹⁾

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

⁽¹⁾ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo

Ilustración 39. Tabla 3.2. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial

El tiempo equivalente podrá calcularse tanto para elementos estructurales de hormigón armado como de acero. Podremos calcularlo mediante la siguiente expresión:

$$t_{e,d} = k_b \cdot w_f \cdot k_c \cdot q_{f,d}$$

siendo,

k_b coeficiente de conversión en función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector; que puede tomarse igual a 0,07.

w_f coeficiente de ventilación en función de la forma y tamaño del sector.

k_c coeficiente de corrección según el material estructural (Tabla B.1)

$q_{f,d}$ valor de cálculo de la densidad de carga de fuego en función del uso del sector, en MJ/m², obtenida según se indica en el apartado B.4.

El coeficiente de ventilación w_f se calcula como:

$$w_f = \left(\frac{6}{H}\right)^{0,3} \cdot \left(\frac{0,62 + 90 \cdot (0,4 - \alpha_v)^4}{(1 + b_v \cdot \alpha_h)}\right) \geq 0,5$$

siendo,

$\alpha_v = A_v/A_f$ relación entre la superficie de las aberturas en fachada y la superficie del suelo del sector, con los límites $0,025 < \alpha_v < 0,25$

$\alpha_h = A_h/A_f$ relación entre la superficie de las aberturas en el techo, A_h , y la superficie construida del suelo del sector.

$$b_v = 12,5 \cdot (1 + 10\alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10$$

H altura del sector de incendio [m]

En sectores pequeños ($A_f < 100 \text{ m}^2$), sin aberturas en el techo, el coeficiente w_f se puede calcular aproximadamente como:

$$w_f = 0^{-\frac{1}{2}} \cdot \frac{A_f}{A_t}$$

Siendo,

$O = A_v \cdot \sqrt{\frac{h}{A_t}}$ coeficiente de aberturas con los límites $0,02 \leq O \leq 0,20$ [$m^{1/2}$]

A_t superficie total de la envolvente del sector (paredes, suelo y techo), incluyendo aberturas [m^2]

h altura promedio de los huecos verticales [m]

De forma simplificada, para sectores de una sola planta con aberturas únicamente en fachada, el coeficiente de ventilación w en función de la altura de la planta y de la superficie de dichas aberturas respecto de la superficie en planta del sector, puede tomarse de la siguiente tabla:

Coeficiente de ventilación w					
Altura de planta (m)	Superficie relativa de huecos en fachada				
	0,05	0,10	0,15	0,20	$\geq 0,25$
2,5	2,6	1,8	1,3	1,0	0,9
3,0	2,4	1,7	1,2	0,9	0,8
3,5	2,3	1,6	1,1	0,9	0,8
4,0	2,2	1,5	1,1	0,9	0,8

Ilustración 40. Coeficiente ventilación w

Para los coeficientes de corrección k_c , se tomará la siguiente tabla:

Tabla B.1. Valores de k_c según el material estructural	
Material de la sección transversal	k_c
Hormigón armado	1,0
Acero protegido	1,0
Acero sin proteger	$13,7 \cdot O$

Ilustración 41. Tabla B.1. Valores de k_c según el material estructural

El valor de cálculo de la densidad de carga de fuego se determina en función del valor característico de la carga de fuego del sector, así como de la probabilidad de activación y de las previsible consecuencias del incendio, como:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_{qn} \cdot \delta_{qc}$$

Siendo,

$q_{f,k}$ valor característico de la densidad de carga de fuego, según B.5

m coeficiente de combustión que tiene en cuenta la fracción del combustible que arde en el incendio. Si el material incendiado es de tipo celulósico puede tomarse $m=0,8$. Otro tipo de material se puede tomar $m=1$ del lado de la seguridad.

δ_{q1} coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector

δ_{q2} coeficiente que tiene en cuenta el riesgo de iniciación debido al tipo de uso o actividad

δ_n coeficiente que tiene en cuenta las medidas activas voluntarias existentes

$$\delta_n = \delta_{n,1} \cdot \delta_{n,2} \cdot \delta_{n,3}$$

δ_c coeficiente de corrección según las consecuencias del incendio

Los valores de δ_{q1} se dan en la tabla B.2, los valores intermedios los obtendremos por interpolación lineal.

Tabla B.2. Valores del coeficiente δ_{q1} por el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector

Superficie del sector A_f [m ²]	Riesgo de iniciación δ_{q1}
<20	1,00
25	1,10
250	1,50
2 500	1,90
5 000	2,00
>10 000	2,13

Ilustración 42. Tabla B.2 Valores del coeficiente δ_{q1} por el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector

Los valores de δ_{q2} se obtienen de la tabla B.3.

Tabla B.3. Valores del coeficiente δ_{q2} por el riesgo de iniciación debido al uso o actividad

Actividad	Riesgo de iniciación δ_{q2}
Vivienda, Administrativo, Residencial, Docente	1,00
Comercial, Aparcamiento, Hospitalario, Pública Concurrencia	1,25
Locales de riesgo especial bajo	1,25
Locales de riesgo especial medio	1,40
Locales de riesgo especial alto	1,60

Ilustración 43. Tabla B.3. Valores del coeficiente δ_{q2} por el riesgo de iniciación debido al uso o actividad

Los valores $\delta_{n,i}$ se obtienen de la tabla B.4.

Tabla B.4. Valores de los coeficientes $\delta_{n,i}$ según las medidas activas existentes

Detección automática $\delta_{n,1}$	Alarma automática a bomberos $\delta_{n,2}$	Extinción automática $\delta_{n,3}$
0,87	0,87	0,61

Ilustración 44. Tabla B.4. Valores de los coeficientes $\delta_{n,i}$ según las medidas activas existentes

Los valores de δ_c se obtendrán de la tabla B.5.

Tabla B.5. Valores de δ_c por las posibles consecuencias del incendio, según la altura de evacuación del edificio

Altura de evacuación	δ_c
Edificios con altura de evacuación descendente de más de 28 m o ascendente de más de una planta.	2,0
Edificios con altura de evacuación descendente entre 15 y 28 m o ascendente hasta 2,8 m. Aparcamientos bajo otros usos.	1,5
Edificios con altura de evacuación descendente de menos 15 m o de uso Aparcamiento exclusivo	1,0

Ilustración 45. Tabla B.5. Valores de δ_c por las posibles consecuencias del incendio, según la altura de evacuación del edificio

Y por último el valor característico de la densidad de carga de fuego $q_{f,k}$ se puede obtener de la tabla B.6.

Tabla B.6. Valores de densidad de carga de fuego variable característica según el uso previsto

	Valor característico [MJ/m ²]
Comercial	730
Residencial Vivienda	650
Hospitalario / Residencial Público	280
Administrativo	520
Docente	350
Pública Concurrencia (teatros, cines)	365
Aparcamiento	280

Ilustración 46. Valores de densidad de carga de fuego variable característica según el uso previsto

En el reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales se indican cargas de fuego promedio para algunas actividades. El valor característico puede obtenerse multiplicando dicho valor por 1,6.

Con todo esto quedaría definido el cálculo del tiempo equivalente de exposición al fuego que se aplicará para cada uno de los soportes que se comprobarán.

1.1.3. Determinación de la temperatura del acero

Acero sin revestir

Suponiendo un incremento de temperatura en el acero, distribuida uniformemente en la sección, en un incremento de tiempo Δt , se determina la siguiente expresión para su cálculo:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{A_m/V}{c_s \rho_s} \cdot h_{net,d} \cdot \Delta t$$

siendo:

A_m/V factor de forma

A_m superficie expuesta al fuego del elemento por unidad de longitud, la del elemento si no está protegido o la de la cara interior de la protección si está revestido. Se considera únicamente la del contorno expuesto en el sector de incendio analizado

V volumen del elemento de acero por unidad de longitud

Para elementos de sección constante, A_m/V es igual al cociente entre el perímetro expuesto y el área de la sección transversal.

C_s calor específico del acero, que puede suponerse independiente de la temperatura, y de valor 600 J/kgK.

$h_{net,d}$ valor de cálculo del flujo de calor neto por unidad de área (W/m^2), que se considera suma del valor del flujo de calor por radiación $h'_{net,r}$ y por convección $h'_{net,c}$, siendo:

$$h'_{net,r} = \phi \cdot \varepsilon_f \cdot \varepsilon_m \cdot \sigma \cdot [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_s + 273)^4] \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

donde:

ϕ factor de configuración, de valor 1,0 si no existen datos específicos

ε_r emisividad del fuego, de valor 1,0 si no existen datos específicos

ε_m emisividad superficial del material, que en el caso del acero tiene valor 0,50

θ_r temperatura de radiación efectiva en el sector de incendio [$^{\circ}C$], que puede tomarse igual a la del gas, según curva normalizada

θ_s temperatura superficial del elemento ($^{\circ}C$)

σ constante de Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K$)

$$h'_{net,c} = \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_s) \quad \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

donde:

α_c coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m^2K), que para el caso de la curva normalizada tiempo-temperatura es igual a 25 W/m^2K .

θ_g temperatura del gas en el sector de incendio

θ_s temperatura superficial del elemento

Δt intervalo de tiempo, no superior a 5 segundos

ρ_s densidad del acero, que puede suponerse independiente de la temperatura y de valor 7.850 kg/m^3

Simplificando toda esta nomenclatura de cálculo que puede ser en algunas circunstancias enrevesada, nos queda la siguiente expresión:

$$\Delta T_a = \frac{A_m/V}{4,71 \cdot 10^6} \cdot \alpha_{eq} \cdot (T_g - T_a) \cdot \Delta t$$

$$\alpha_{eq} = 25 + 2,835 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{T_g^4 - T_a^4}{T_g - T_a}$$

siendo:

Δt_a Incremento de la temperatura del acero

A_m/V factor de forma

T_g temperatura del gas en el sector de incendio

T_a temperatura superficial del elemento

Δt 5 segundos

Acero revestido

Para los aceros que se encuentren revestidos, el incremento de temperatura $\Delta\theta_{s,t}$, suponiéndola distribuida uniformemente en la sección, en un incremento de tiempo Δt , se determina mediante la expresión:

$$\Delta\theta_{s,t} = \frac{\lambda_p \cdot \frac{A_m}{V}}{d \cdot c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{(\theta_{g,t} - \theta_{s,t})}{\left(1 + \frac{\phi}{3}\right)} \cdot \Delta t - \left(e^{\frac{\phi}{10}} - 1\right) \cdot \Delta\phi_{g,t} \quad \text{con } \Delta\theta_{s,t} \geq 0$$

Siendo:

$$\phi = \frac{c_p \cdot \rho_p \cdot d}{c_s \cdot \rho_s} \cdot \frac{A_m}{V}$$

Donde:

A_m/V factor de forma

d espesor del revestimiento [m]

$\theta_{g,t}$ temperatura del gas en el instante t

$\theta_{s,t}$ temperatura del acero en el instante t

λ_p conductividad térmica del material de revestimiento [W/mK]

c_p calor específico del revestimiento [J/kgK]

ρ_p densidad del revestimiento [kg/m³]

ρ_s densidad del acero, que puede suponerse independiente de la temperatura y de valor 7.850 kg/m³

Los datos del material de revestimiento se aportarán de la ficha técnica del fabricante, y en caso de desconocer sus propiedades se utilizarán los valores que proporciona la norma española R.D 751/2011 Instrucción de Acero Estructural (EAE), en el capítulo XII, tabla 45.2.

Material	λ_{pk} W/(m ² K)	c_{pk} J/(kg ² K)	ρ_{pk} kg/m ³	P_k % peso
Granito, mármol.	2,40	900	2800	0
Hormigón de densidad normal con árido silíceo (¹).	1,60	1000	2300	0
Hormigón de densidad normal con árido calizo (²).	1,30	1000	2300	0
Fábrica de ladrillo cerámico con mortero de cemento.	1,15	1000	1450	0
Hormigón ligero, según su densidad.	0,80 (³)	840	1600	2
	0,65	850	1300	2
	0,50	800	1000	2
	0,35	800	700	2
Placas de yeso.	0,20	1700	800	20
Mortero proyectado de vermiculita o perlita con cemento.	0,12	1100	350-550	2
Mortero proyectado de vermiculita o perlita con yeso.	0,12	1100	650	2
Placas de base silicatada en general.	0,15	1200	600	3
Placas de perlita o vermiculita con cemento.	0,20	1200	800	15
Fibra mineral proyectada.	0,12	1200	300	0

Ilustración 47. Tabla 45.2. Valores característicos de propiedades convencionales de materiales de protección genéricos

1.1.4. Temperatura crítica (eurocódigo 3)

El eurocódigo 3 (UNE-EN 1993-1-2) "Proyecto de estructuras sometidas al fuego" establece algunos cálculos de la resistencia frente al fuego en estructuras metálicas, entre ellos podremos utilizar el de la temperatura crítica para hacer las comprobaciones necesarias.

La temperatura crítica es una alternativa a la resistencia para la verificación de resistencia al fuego.

La temperatura crítica $\theta_{a,cr}$ del acero al carbono en el instante t para una distribución uniforme de la temperatura en un elemento podrá determinarse para cualquier grado de utilización μ_0 en el instante $t = 0$ utilizando la siguiente expresión:

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \cdot \ln \left[\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482$$

Para los elementos con secciones transversales de clase 1, de clase 2 o de clase 3 y para todos los elementos sometidos a tracción, el grado de utilización μ_0 en el instante $t = 0$ puede obtenerse con:

$$\mu_0 = E_{f,i,d} / R_{f,i,d,0}$$

donde:

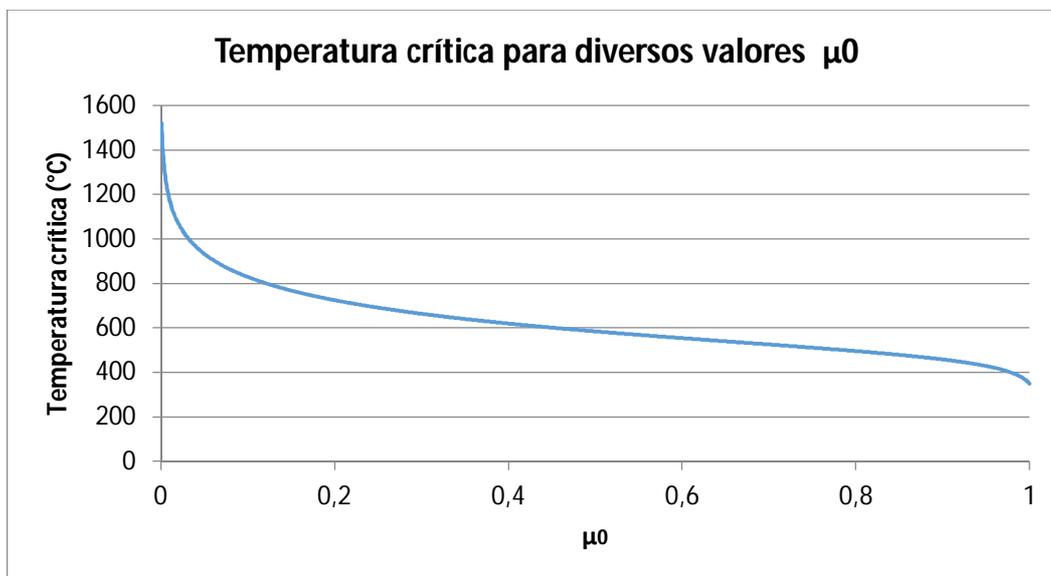
$R_{fi,d,0}$ valor de cálculo de la resistencia correspondiente del elemento de acero, para el dimensionamiento en la situación de incendio en el instante t .

$E_{fi,d}$ valor de cálculo del efecto de las acciones para el dimensionamiento en la situación de incendio.

En la siguiente tabla se puede obtener la temperatura crítica para diferentes valores de grado de utilización, interpolando para valores intermedios.

μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

Ilustración 48. Tabla 4.1. Temperatura crítica para diversos valores del grado de utilización



Gráfica 2. Temperatura crítica para diversos valores μ_0

1.1.5. Método simplificado (CTE)

En soportes de acero revestidos mediante elementos de fábrica en todo el contorno expuesto al fuego (caso de edificio de oficinas), se puede considerar del lado de la seguridad que la resistencia al fuego del soporte es, al menos igual a la resistencia al fuego correspondiente al elemento de fábrica. La resistencia al fuego de los elementos de fábrica puede comprobarse en el anejo F del DB-SI.

Para el caso de estructuras arriostradas en las que cada sector no abarque más de una planta y en las que la sección del soporte se haya determinado adoptando como longitud de pandeo al menos el 0,7 de la altura entre plantas, la resistencia se determinará mediante la tabla D.1 de DB-SI (este método se comentará posteriormente en el apartado de vigas de acero).

Para soportes de pared no delgada (clases 1, 2 o 3), la capacidad resistente de cálculo considerando pandeo de un elemento sometido a flexocompresión puede verificarse, a partir de las solicitudes obtenidas de la combinación de acciones en caso de incendio usando los valores modificados dados a continuación:

- El límite elástico se reducirá multiplicando por el coeficiente $k_{y,\theta}$ de la tabla D.2
- Como longitud de pandeo se tomará, en estructuras arriostradas y si el sector de incendio no abarca más de una planta, la mitad de la altura entre plantas intermedias, o el 0,7 de la altura de la última planta.
- Como curva de pandeo se utilizará la curva c, con independencia del tipo de sección transversal o el plano de pandeo.
- La esbeltez reducida se incrementará multiplicándola por el coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ de la tabla D.2

Temperatura (°C)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200
$k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,47	0,23	0,11	0,06	0,04	0,00
$k_{\lambda,\theta} = \bar{\lambda}_{\theta} / \bar{\lambda}$	1,00	1,05	1,11	1,19	1,14	1,23	1,33	-	-	-	-

Ilustración 49. Valores de los parámetros mecánicos del acero en función de la temperatura

1.1.6. Comprobaciones soportes metálicos

Cargabaterías

Esta zona está compuesta por dos plantas, cargabaterías en planta baja, y sala de máquinas en planta primera. Como ya se ha comentado son sectores distintos por lo que la resistencia al fuego de los soportes son diferentes en función del riesgo que le corresponda.

Lo primero que se hará es determinar qué tiempo de resistencia al fuego es exigible a los elementos portantes, en este caso para los soportes. Para ello, por formar parte del establecimiento industrial, se comprueba con la tabla 2.2 del RSCIEI. También se determinará el tiempo equivalente de exposición al fuego según anejo B del DB-SI.

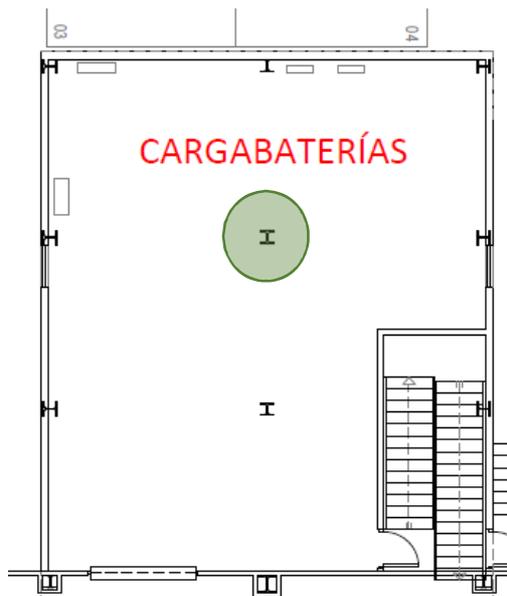
Tiempo de resistencia al fuego exigible	
Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes	R60

(según RSCIEI tabla 2.2)	
Tiempo equivalente de exposición al fuego (según anejo B DB-SI)	53 minutos

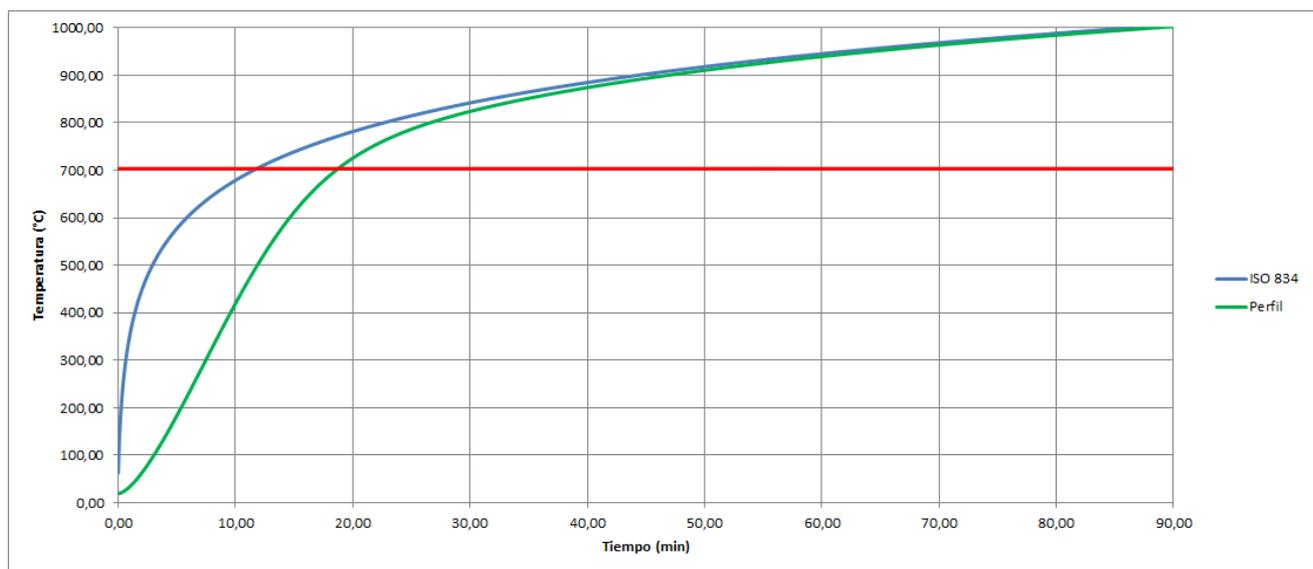
Tabla 107. Tiempo resistencia al fuego exigible cargabaterías

Vemos como averiguando el tiempo de exposición al fuego es menor que por la tabla 2.2, ya que tan solo nos exige 53 minutos, por lo que aun pudiendo aplicar éste, nos decantaremos por el más desfavorable en este caso que son los 60 minutos que exige el RSCIEI.

Comprobemos la resistencia al fuego de un soporte, en la parte central de ésta zona, expuesto al fuego en sus cuatro lados (color verde de la imagen).



El soporte es el más desfavorable de esta zona de la serie HEA 300. En la siguiente tabla comprobamos el tiempo resistente al fuego si el perfil estuviera desnudo sin ningún tipo de protección. Limitamos su temperatura crítica mediante el procedimiento ya comentado en 703,3 °C. Este método no vale para elementos de pura compresión, aunque a título orientativo nos puede servir.

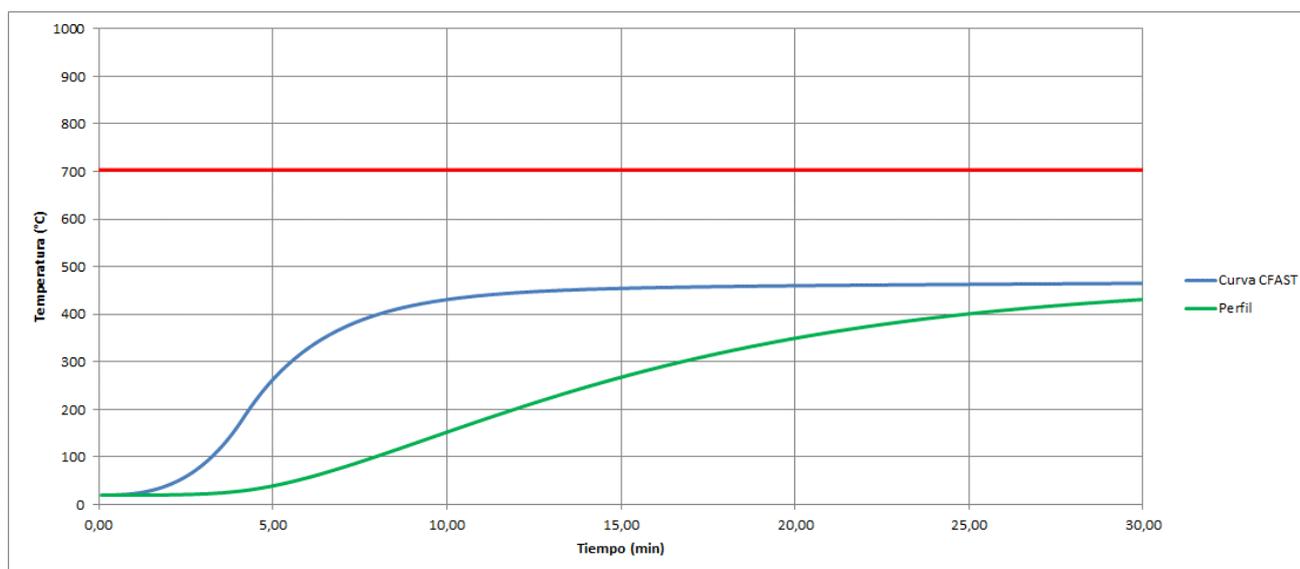


Gráfica 3. Cargabaterías. Perfil HEA 300 desnudo. Curva ISO-834

Observamos el corte entre la curva verde correspondiente a la evolución de temperaturas en el perfil con la línea roja que es la temperatura crítica. Este momento se produce a los 18,7 minutos, por lo que no llegaríamos a los 60 minutos que nos exige la tabla 2.2 ni al tiempo equivalente de exposición al fuego del anejo B del DB-SI.

La curva azul representa la curva normalizada tiempo-temperatura de la evolución de temperatura en un incendio normalizado. Ésta siempre se encontrará por encima de la curva de temperaturas del perfil, aunque se aproximará a valores cercanos una vez la tasa de liberación de calor del incendio se encuentre en su fase estacionaria.

Por otra parte, en el capítulo anterior, CFAST nos proporcionaba unos valores de la temperatura del gas para un incendio en este recinto.



Gráfica 4. Cargabaterías. Perfil HEA 300 desnudo. Curva CFAST

Vemos como tanto la temperatura del gas como la temperatura del acero nunca alcanza la temperatura crítica. Se comprobará posteriormente mediante el método simplificado del CTE la capacidad resistente.

Tomamos como curva más desfavorable la normalizada, e intentaremos buscar una solución para llegar a la resistencia exigida de 60 minutos. Utilizamos el catálogo de la casa comercial perlita y vermiculita para aplicar su producto de mortero perlifoc y buscamos el espesor necesario según la masividad del perfil desnudo. Masividad HEA 300: $152,9 \text{ m}^{-1}$

MASIVIDAD	ESPESOR (mm)
m-1	60 min
80	10
85	10
90	10
95	10
100	10
105	10
110	11
115	11
120	11

125	11
130	12
135	12
140	12
145	12
150	12
155	13
160	13

El espesor necesario a aplicar en el soporte para cumplir la exigencia de resistencia al fuego de 60 minutos es 13 mm. Por lo tanto sería una solución la aplicación de mortero perlifoc, que es por la que se ha optado en la realidad.

Dejando a un lado el método de la temperatura crítica del eurocódigo 3, comprobemos mediante el CTE, que permite conocer la resistencia de un perfil en situación de incendio, partiendo de la temperatura a la que se encuentra un perfil en un instante determinado, la carga que resiste.

Como debemos exigirle una estabilidad de 60 minutos, observamos en la gráfica 2 la temperatura a la que se encuentra el perfil en ese instante.

Temperatura (°C) en $t = 60 \text{ min} \rightarrow 939,5 \text{ °C}$

Coeficiente $k_{y,\theta}$ que reduce el límite elástico	0,052
Coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ que incrementa la esbeltez reducida	1

Tabla 108. Cargabaterías. Coeficientes reducción método simplificado CTE

Aplicando estos coeficientes obtenemos un valor de cálculo de la resistencia del elemento de acero en situación de incendio en el instante $t = 60$ minutos de 124,8 kN.

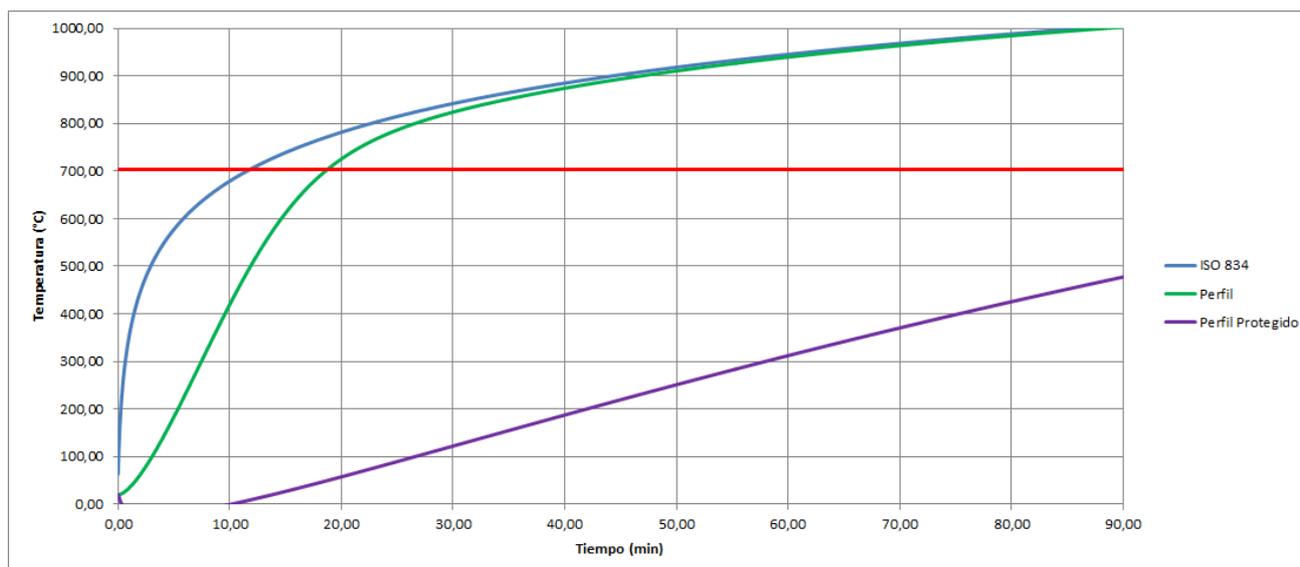
$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
124,8	532,3

Como $124,8 \text{ kN} < 532,3 \text{ kN}$ estaremos muy lejos de llegar a la resistencia, por lo que deberíamos probar a disponer perfiles mayores o directamente proteger.

Si probamos a proteger este perfil con diferentes materiales de protección obtendremos diferentes tiempos de resistencia al fuego:

Materiales	Tiempo (minutos)
LH-4 (4 cm)	142,9
Yeso (2 cm)	125,7

Tabla 109. Tiempos con materiales de protección varios



Gráfica 5. Cargabaterías. Perfil HEA 300 protegido con LH4

El tiempo de resistencia al fuego se incrementa con creces protegiéndolo con paneles de yeso o un simple ladrillo hueco de 4 cm, por lo tanto podrían ser alternativas a la protección con mortero perlifoc.

Retomando el método simplificado del CTE con el perfil protegido con LH4 de la gráfica anterior:

Temperatura (°C) en $t = 60 \text{ min} \rightarrow 310 \text{ °C}$

$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
2.268,7	532,3

Ahora que $2.268,7 \text{ kN} > 426,7 \text{ kN}$, el perfil es perfectamente capaz de aguantar los 60 minutos que se le exige.

Muelle

Los perfiles metálicos de esta zona no se les exige ninguna estabilidad al fuego por disponer de una sola planta y estar protegida con sistema de control temperatura y evacuación de humos e instalación de rociadores automáticos.

Únicamente existen 6 soportes en el centro del recinto en el que existe una segunda planta, por lo que ha estos se les exigirá una R60 según tabla 2.2 del RSCIE. Aplicando el tiempo de exposición equivalente al fuego nos da un total de 281 minutos.

Para este caso seguiremos aplicando la tabla 2.2 del RSCIE que en este caso es más favorable ya que el tiempo equivalente es un método alternativo cuya finalidad es proporcionar al proyectista una herramienta para poder disminuir el tiempo con tan solo cambiar en el diseño algunos parámetros. Cumplir la exigencia de la tabla 2.2 es totalmente válido.

El pilar más desfavorable que existe en esta zona es un HEA-340 que dispone de 3 caras expuestas al fuego como se refleja en la siguiente imagen.

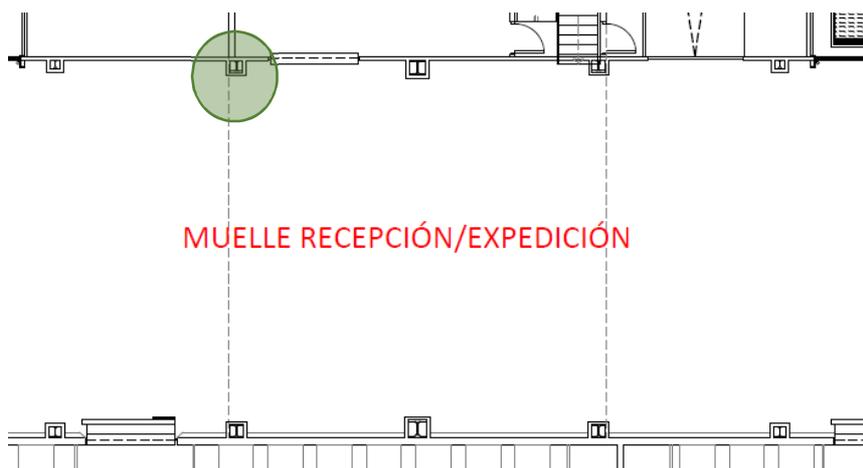
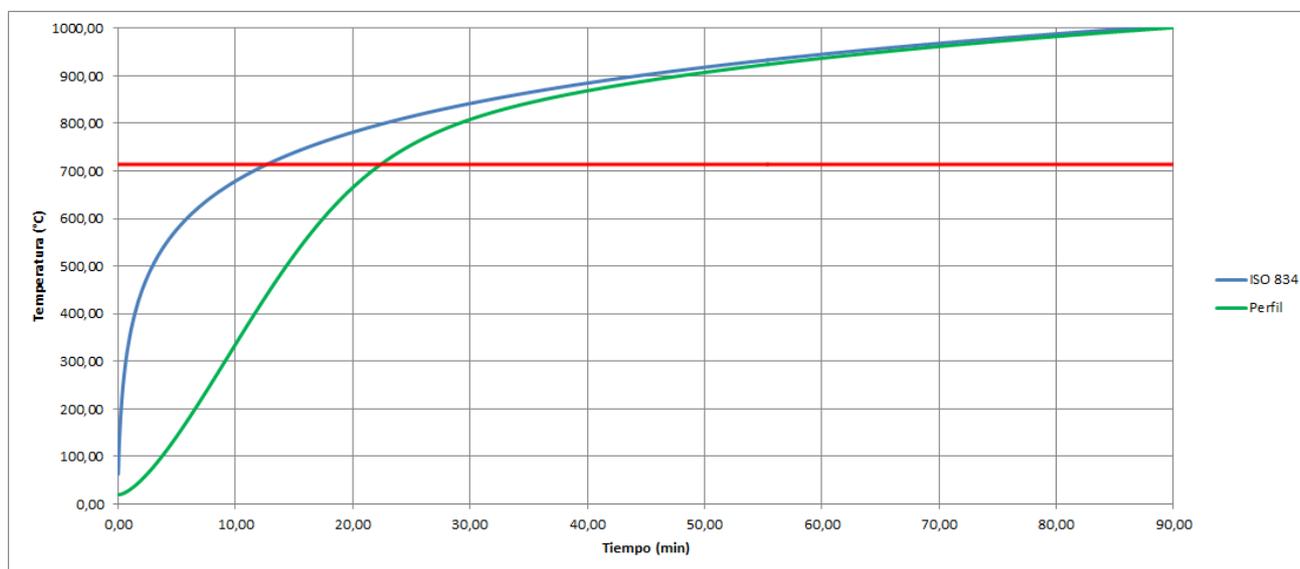


Ilustración 50. Muelle. Soporte HEA 340

El tiempo de resistencia al fuego de este perfil sin ningún tipo de protección y con una evolución de temperaturas según la curva normalizada tiempo-temperatura es de 22,3 minutos.



Gráfica 6. Muelle. Perfil HEA 340 sin proteger

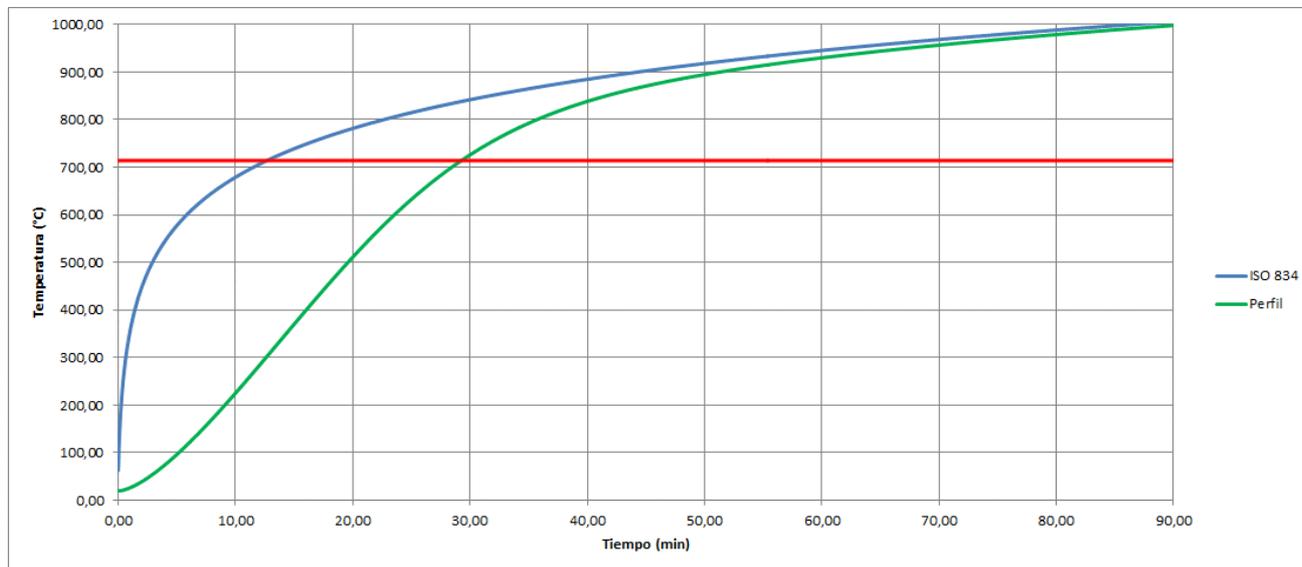
22,3 minutos no son suficientes para obtener una R60, comprobémoslo por el método simplificado del código técnico en vez de por temperatura crítica.

Temperatura perfil a $t = 60$ minutos $\rightarrow 937,1 \text{ }^\circ\text{C}$

Coeficiente $k_{y,\theta}$ que reduce el límite elástico	0,052
Coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ que incrementa la esbeltez reducida	1

$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
140,0	580,1

Al ser $140,0 \text{ kN} < 580,1 \text{ kN}$, el perfil está bastante lejos de llegar a la resistencia necesaria por lo que es necesario reducir la evolución de temperaturas en el perfil. Probemos a disponer dos chapas soldadas al perfil, así se reducirá su perímetro y la masividad se verá reducida.



Gráfica 7. Muelle. Perfil HEA 340 con chapas soldadas

El tiempo en llegar a la temperatura crítica se ve aumentado hasta los 29,3 minutos mejorando la situación inicial pero sigue siendo insuficiente.

Se comprueba cual es el espesor necesario de mortero perlifoc para aguantar los 60 minutos que se exigen. Para ello deberemos entrar en el catálogo con el dato de la masividad del perfil desnudo que es $111,6 \text{ m}^{-1}$:

MASIVIDAD	ESPESOR (mm)
m-1	60 min
90	10
95	10
100	10
105	10
110	11
115	11
120	11
125	11
130	12
135	12
140	12
145	12
150	12
155	13
160	13

11 mm de mortero perlifoc sería suficiente para garantizar una estabilidad del perfil durante 60 minutos. En la práctica real, éste se encuentra proyectado con dicho espesor y también cuenta con un cajeadado de panel frigorífico por lo que a efectos de resistencia frente al fuego supera un R120, por lo que podemos dar como suficiente las medidas establecidas. La curva de evolución de las temperaturas dada por CFAST todavía es más favorable por lo que estamos del lado de la seguridad.

Perfiles cajeados con paneles frigorífico



Ilustración 51. Cajeados pilares con panel frigorífico

Cámara

Los soportes metálicos que se encuentran en las cámaras de congelados, tan solo tienen una cara de exposición al fuego por lo que la masividad es muy reducida y están proyectados con mortero de perlita y vermiculita. La cara de exposición al fuego está protegida con panel frigorífico de 20cm. Con todo esto y sumándole que las cámaras aunque no disponiendo de SCTEH tienen rociadores automáticos que harán que la potencia del incendio se detenga al disparar y con ello controlar la temperatura, se considera más que suficiente para obtener más de R60, tiempo que le exige la tabla 2.2 del RSCIEI.

Perfiles HEA 260 con protección pasiva a base de motero de perlita y vermiculita y cara expuesta al fuego protegida mediante panel frigorífico 20 cm



Ilustración 52. Soportes alzado izquierdo establecimiento industrial

Sala de envasado

El soporte más desfavorable de la sala de envasados son los soportes metálicos centrales ya que están expuestos al fuego en sus cuatro caras. La serie de los perfiles centrales es HEA 240. El tiempo de estabilidad de la estructura ante un incendio según el RSCIE es de 30 minutos ya que pertenece a un sector de riesgo intrínseco bajo en establecimiento de tipo C. Aquí no se aplica el tiempo equivalente de exposición al fuego ya que al no disponer de huecos en fachada y techo y no estar implementado ninguna medida activa voluntaria entre otros aspectos, el tiempo sería excesivo.

En la realidad se encuentra protegido por paneles frigoríficos de 100 mm, ya que es una zona refrigerada, y los soportes metálicos podrían ser puente térmicos importantes.

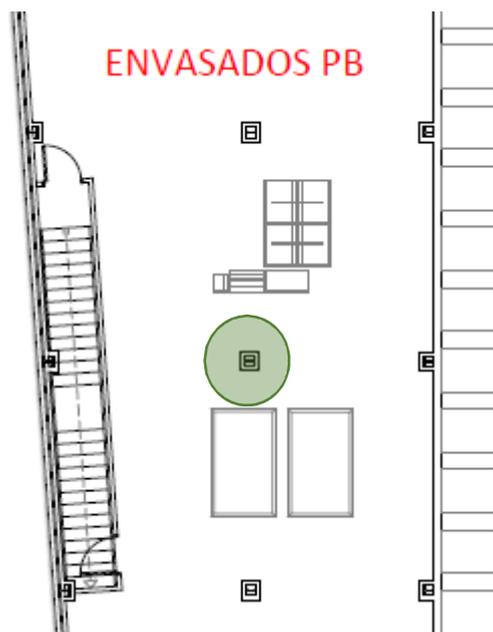
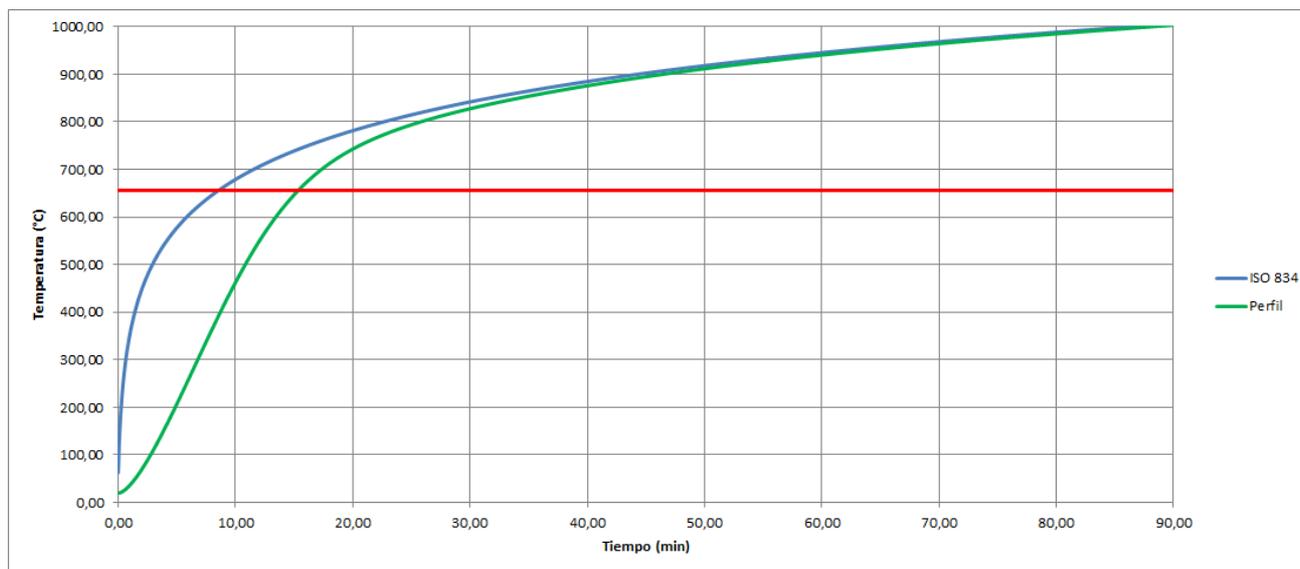


Ilustración 53. Sala de envasados. Soporte HEA 240

Revisemos cuales son las medidas de protección pasiva alternativas que se podría aplicar:

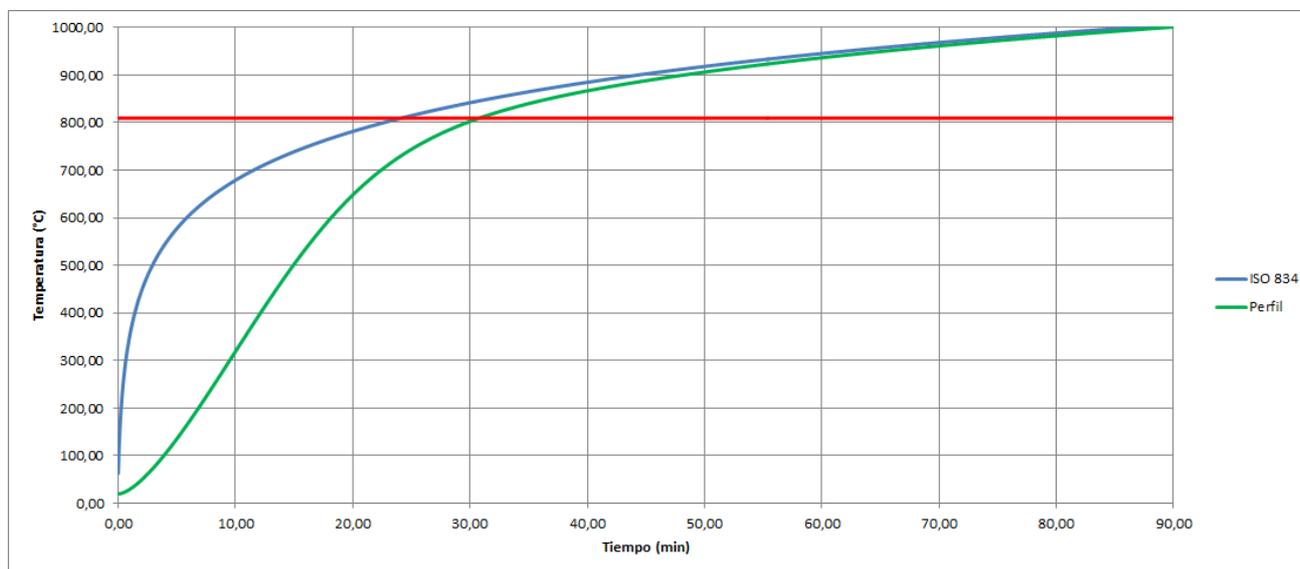
➤ Perfil desnudo



Gráfica 8. Sala envasados. Perfil HEA 240 desnudo

El tiempo que alcanzamos hasta la temperatura crítica es de 14,3 minutos, por lo tanto es inadmisibile.

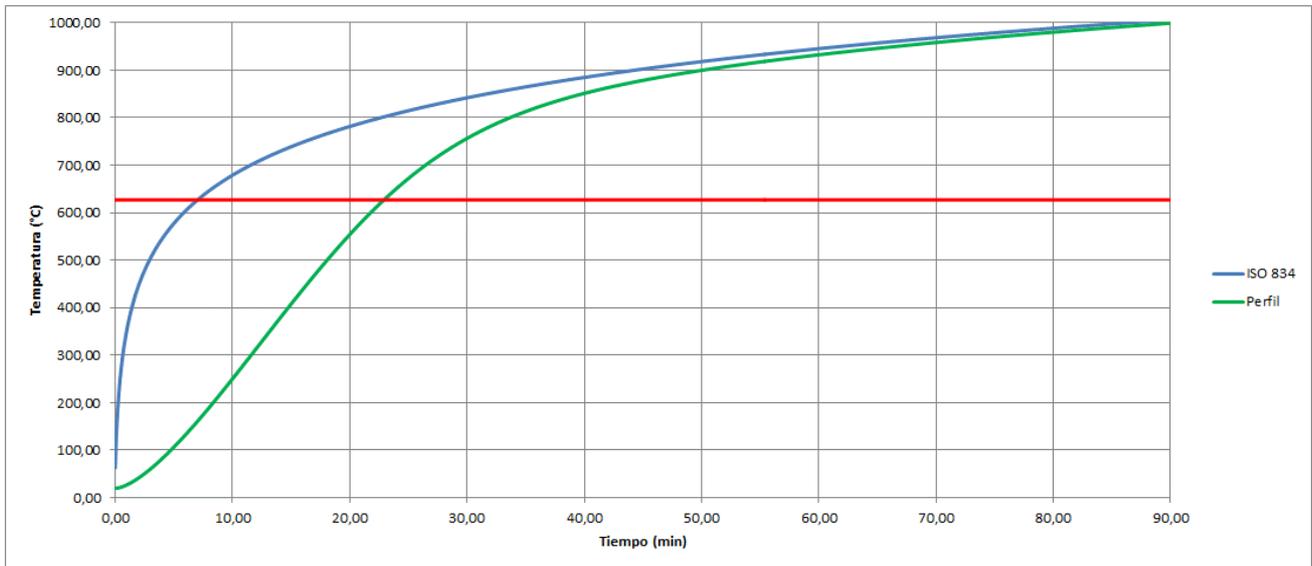
➤ Aumentando la serie del perfil



Gráfica 9. Sala envasados. Perfil HEA 550 desnudo

Aumentando el perfil hasta la serie HEA 550 se reduce la masividad y la temperatura crítica aumenta por lo que se consigue alcanzar 30,8 minutos, aunque no es una situación viable ya que el coste de estos perfiles es bastante mas elevado, existen alternativas más económicas.

➤ Chapas de acero de 1 cm de espesor



Gráfica 10. Sala envasados. Perfil HEA 240 protección con chapa

Disponiendo 2 chapas de acero de 1 cm de espesor soldadas de ala a ala en un perfil HEA 240 se consigue disminuir su masividad por verse reducido el perímetro de exposición de $178,4 \text{ m}^{-1}$ hasta los $76,5 \text{ m}^{-1}$, lo que hace que el perfil alcance la temperatura crítica a los 24,2 minutos. Conseguiríamos una R30 con perfiles HEA 340 con chapas soldadas de 10 mm de espesor.

➤ Comprobación método simplificado CTE

Comprobamos por el método simplificado del CTE el cumplimiento del perfil desnudo.

Temperatura perfil a $t = 30$ minutos $\rightarrow 827 \text{ }^\circ\text{C}$

Coeficiente $k_{y,\theta}$ que reduce el límite elástico	0,1
Coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ que incrementa la esbeltez reducida	1

$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
149,60	473,2

Al ser $234,34 \text{ kN} < 473,2 \text{ kN}$, el perfil no resistiría el tiempo necesario.

Ahora probemos con el mismo perfil con las chapas soldadas que antes se ha comentado.

Temperatura perfil a $t = 30$ minutos $\rightarrow 750 \text{ }^\circ\text{C}$

Coeficiente $k_{y,\theta}$ que reduce el límite elástico	0,17
Coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ que incrementa la esbeltez reducida	1,17

$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
239,36	423,1

Vemos como la situación no mejora mucho, ya que a esa temperatura los coeficiente siguen penalizando bastante la resistencia.

- Protección pasiva mediante mortero perlifoc

Masividad perfil desnudo: $178,4 \text{ m}^{-1}$

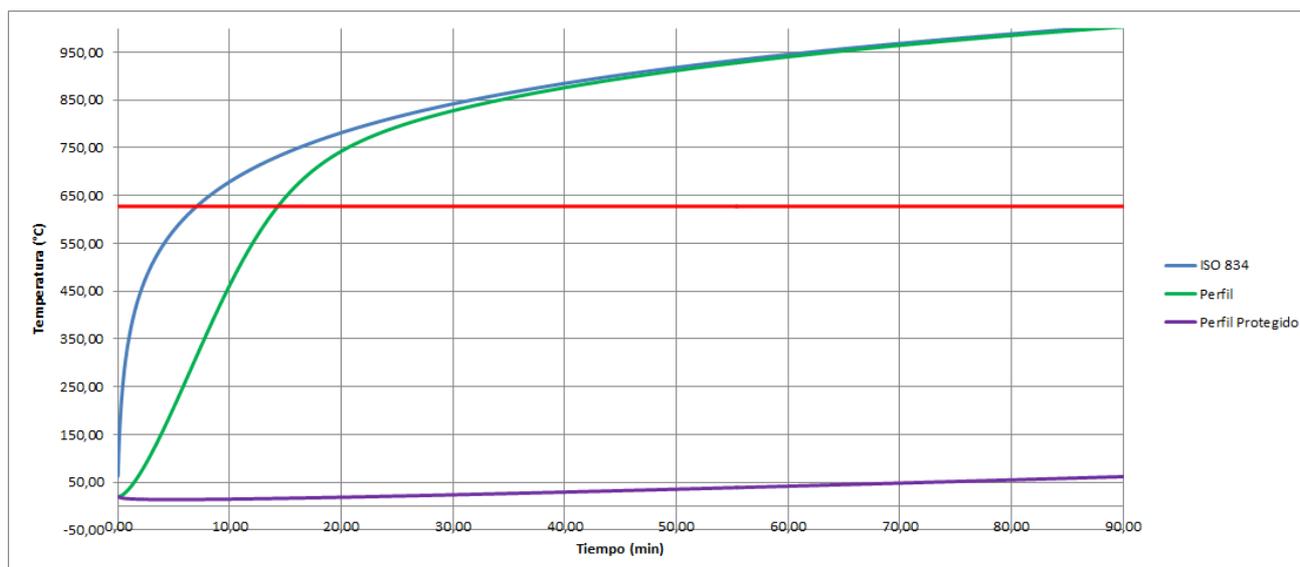
Tiempo que se exige: 30 minutos

MASIVIDAD	ESPESOR (mm)
m-1	30 min
130	10
135	10
140	10
145	10
150	10
155	10
160	10
165	10
170	10
175	10
180	10
185	10

La tabla anterior proporcionada por el fabricante asegura una resistencia al fuego de 30 minutos con tan solo aplicar 10 mm de mortero perlifoc. Esta podría ser una situación bastante viable ya que el precio no sería tan grande como variar la serie del perfil.

- Protegiéndolo con panel frigorífico

Esta es la solución por la que se ha adoptado en la realidad.



Gráfica 11. Sala envasados. Perfil HEA 240 protección con panel frigorífico

Vemos como prácticamente protegiendo los pilares con 10 cm de panel frigorífico el soporte nunca o al menos en un corto periodo de tiempo alcanzaría la temperatura crítica, por lo que podemos decir que la solución adoptada es adecuada. No es necesario comprobar por el CTE la resistencia a los 30 minutos en situación de incendio, porque todavía no ha comenzado a aumentar la temperatura en el perfil en ese instante, por lo que el valor de cálculo de la resistencia del elemento de acero, en situación de incendio a los 30 minutos es mayor que $E_{fi,d}$.

Edificio de oficinas

En el edificio de oficinas, existe un recinto que corresponde con un depósito de libros, éste será el que exija un tiempo de resistencia al fuego de la estructura portante más elevado. En este caso se justificará la resistencia por la tabla 3.2 de la SI-1 por ser un local de riesgo especial bajo como se ha comentado en capítulo 1.

Tiempo de resistencia al fuego exigible	
Resistencia al fuego suficiente de la estructura portante (según DBSI-6 tabla 3.2)	R90
Tiempo equivalente de exposición al fuego (según anejo B DB-SI)	100 minutos

Como se explica en el apartado 3 del DB SI:

“Se considerará que la resistencia al fuego de un elemento estructural principal del edificio, es suficiente si:

- Alcanza la clase indicada en la tabla 3.1 o 3.2 que representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo temperatura, o*
- Soporta dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el anejo B.”*

Por lo que tomando en cuenta esto será suficiente si cumple el menor de los tiempos, que en nuestro caso son los 90 minutos.

Revisemos cuales son las medidas de protección pasiva alternativas que se podría aplicar a un soporte HEA 240 con 3 caras expuestas al fuego.

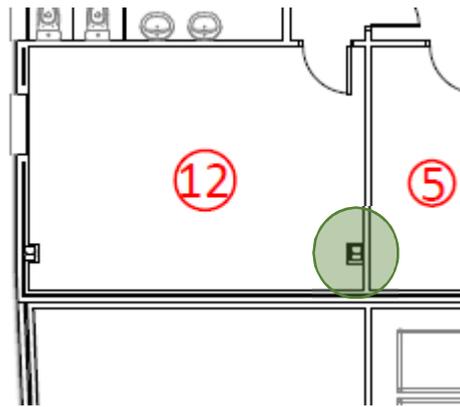
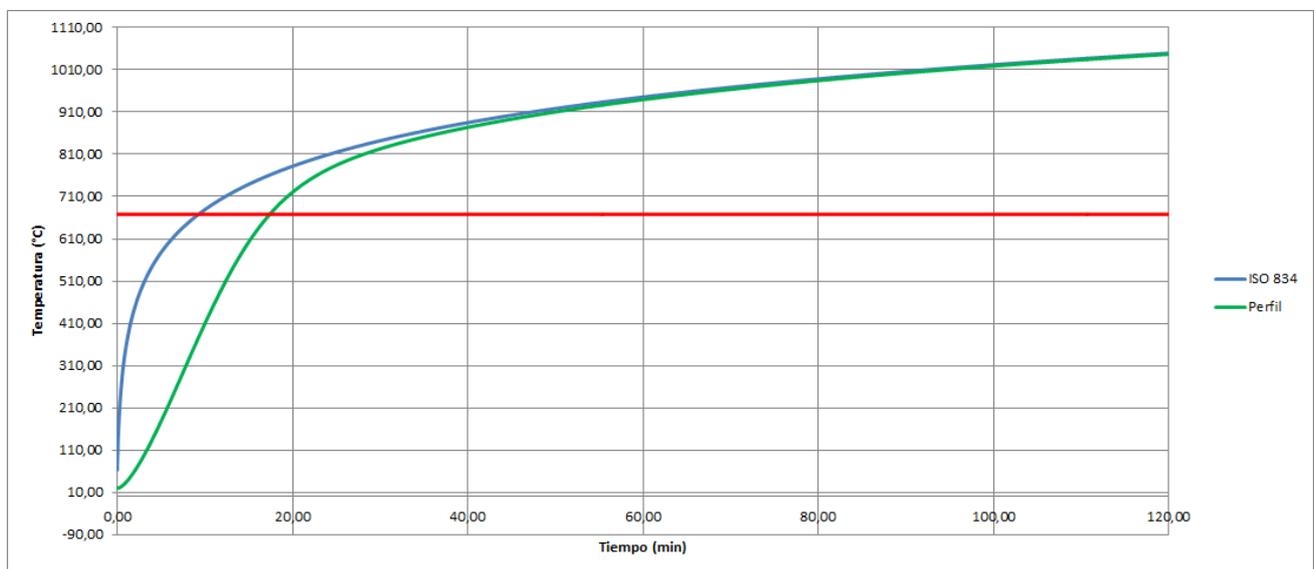


Ilustración 54. Depósito de libros. HEA 240

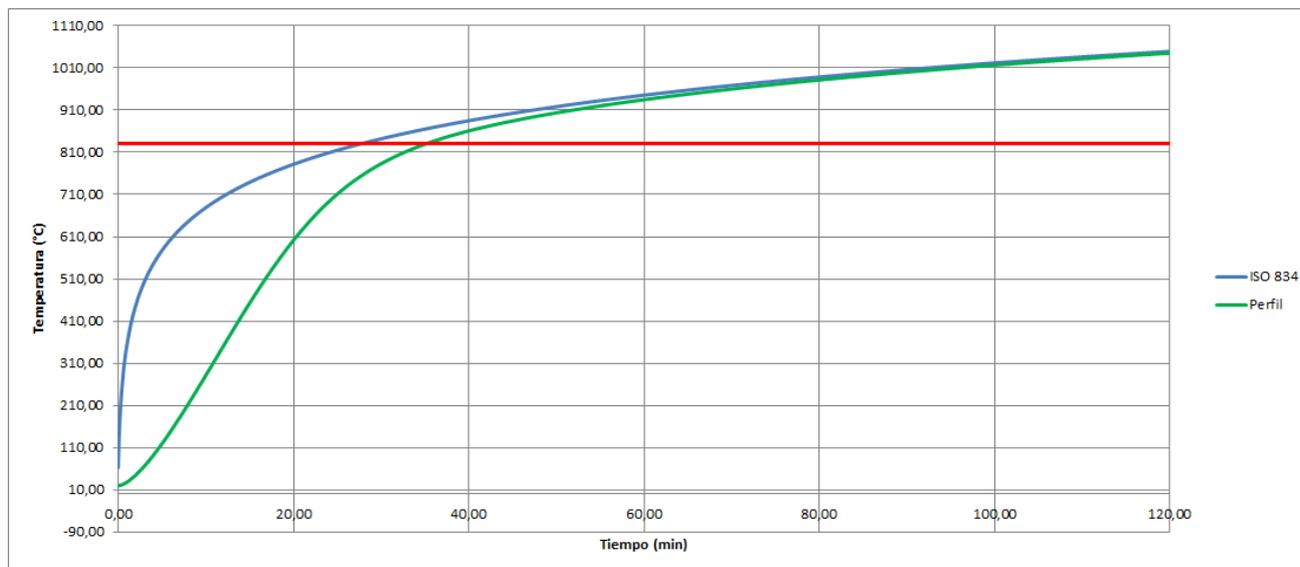
➤ Perfil desnudo



Gráfica 12. Edificio oficinas. Perfil HEA 240 desnudo

El tiempo que alcanzamos hasta la temperatura crítica es de 17,3 minutos, por lo tanto es inadmisibile.

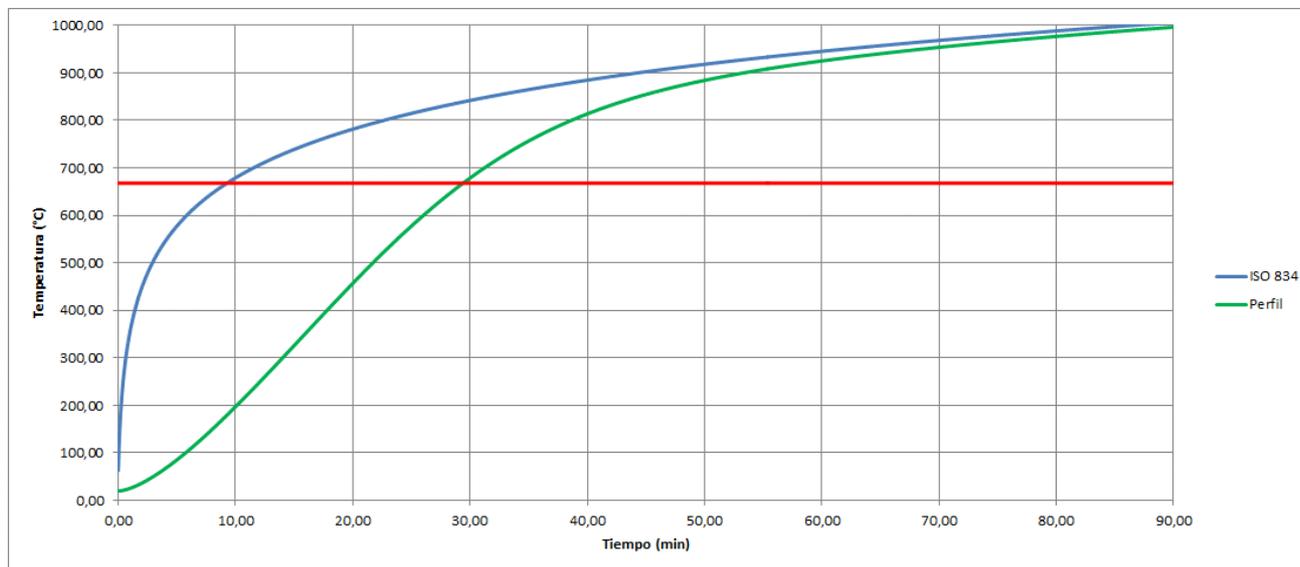
➤ Aumentando la serie del perfil



Gráfica 13. Edificio oficinas. Perfil HEA 600 desnudo

Aumentando el perfil hasta la serie HEA 600 se reduce la masividad y la temperatura crítica aumenta por lo que se consigue alcanzar 35,2 minutos.

➤ Chapas de acero de 1 cm de espesor



Gráfica 14. Edificio oficinas. Perfil HEA 240 con chapa protección

Disponiendo 2 chapas de acero de 1 cm de espesor soldadas de ala a ala en un perfil HEA 240 se consigue disminuir su masividad por verse reducido el perímetro de exposición de $147,1 \text{ m}^{-1}$ hasta los $57,0 \text{ m}^{-1}$, lo que hace que el perfil alcance la temperatura crítica a los 26,8 minutos, pero todavía insuficiente por no superar los 90 minutos que se exigen.

➤ Comprobación método simplificado CTE

Comprobamos por el método simplificado del CTE el cumplimiento del perfil desnudo.

Temperatura perfil a $t = 90$ minutos $\rightarrow 1000$ °C

Coeficiente $k_{y,\theta}$ que reduce el límite elástico	0,04
Coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ que incrementa la esbeltez reducida	1

$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
59,84	452,3

Al ser $59,84 \text{ kN} < 452,3 \text{ kN}$, el perfil no resistiría el tiempo necesario.

➤ Protección pasiva mediante mortero perlifoc

Masividad perfil desnudo: $147,1 \text{ m}^{-1}$

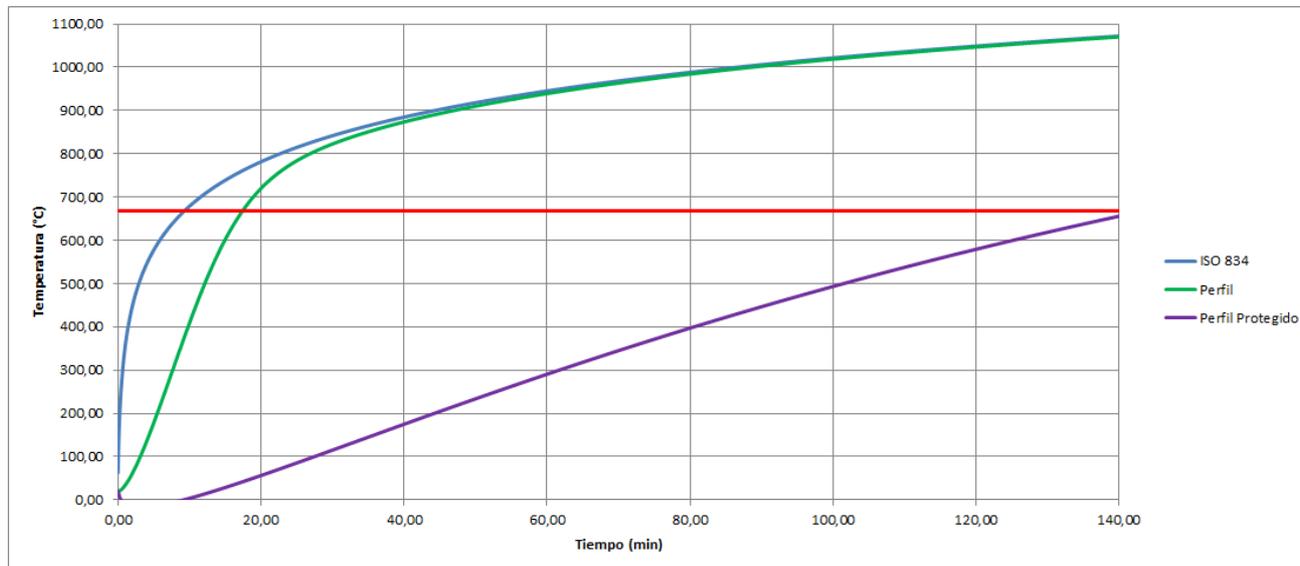
Tiempo que se exige: 90 minutos

MASIVIDAD	ESPESOR (mm)
m-1	30 min
130	17
135	17
140	18
145	18
150	18
155	18
160	19
165	19
170	19
175	19
180	20
185	20

La tabla anterior proporcionada por el fabricante asegura una resistencia al fuego de 90 minutos con tan solo aplicar 18 mm de mortero perlifoc. Esta podría ser una situación bastante viable ya que el precio no sería tan grande como variar la serie del perfil.

➤ Protegiéndolo con LH4

Esta es la solución por la que se ha adoptado en la realidad.



Gráfica 15. Sala envasados. Perfil HEA 240 protegido con LH4

La solución por la que se ha adoptado es adecuada ya que nos asegura una protección frente al fuego como puede observarse en la gráfica de 143,3 minutos con tan solo revestir las 3 caras expuestas al fuego con ladrillo cerámico de 4 cm de espesor. A esta solución todavía se le debería contar el espesor de yeso del revestimiento por lo que nos aseguramos al menos una R120 frente al R90 que se nos exige.

Si comprobamos esta solución con el método del CTE obtenemos los siguientes resultados:

Temperatura perfil a $t = 90$ minutos $\rightarrow 450$ °C

Coeficiente $k_{y,\theta}$ que reduce el límite elástico	0,89
Coeficiente $k_{\lambda,\theta}$ que incrementa la esbeltez reducida	1,17

$R_{fi,d,0}$ (kN)	$E_{fi,d}$ (kN)
1.268,8	452,3

Al ser $1.268,8 \text{ kN} > 452,3 \text{ kN}$, el perfil resistiría ante un incendio.

1.2. VIGAS

Además de los métodos empleados para el cálculo de los soportes, como el de la temperatura crítica y determinación de la temperatura del acero emplearemos otro método simplificado de cálculo para las vigas.

1.2.1. Método simplificado de cálculo

Para la comprobación de vigas por el código técnico emplearemos la tabla D.1 del anejo D. Con ella podremos dimensionar la protección frente al fuego de vigas arriostradas lateralmente para una determinada resistencia al fuego.

Tabla D.1. Coeficiente de protección, d/λ_p (m^2K/W) de vigas y tirantes

Tiempo estándar de resistencia al fuego	Factor de forma A_m/V (m^{-1})	Coeficiente de sobredimensionado $>\mu_{fi}$			
		$0,70 >\mu_{fi} \geq 0,60$	$0,60 >\mu_{fi} \geq 0,50$	$0,50 >\mu_{fi} \geq 0,40$	
R 30	30	0,05	0,00 ⁽¹⁾	0,00 ⁽¹⁾	
	50		0,05	0,05	
	100				
	150				
	200		0,10	0,10	0,05
	250				
300					
R 60	30	0,05	0,05	0,05	
	50	0,10	0,10	0,10	
	100				
	150				
	200	0,15	0,15	0,10	
	250				
300					
R 90	30	0,05	0,05	0,05	
	50	0,15	0,10	0,10	
	100				
	150				
	200	0,15	0,15	0,15	
	250				
300	0,20	0,20			
R 120	30	0,10	0,05	0,05	
	50	0,10	0,10	0,10	
	100	0,15	0,15	0,15	
	150	0,20	0,20	0,20	
	200				
	250	0,25	0,25	0,20	
300					
R 180	30	0,10	0,10	0,10	
	50	0,15	0,15	0,15	
	100	0,25	0,20	0,20	
	150				
	200	0,30	0,25	0,25	
	250				
300	0,30	0,30	0,30		
R 240	30	0,15	0,15	0,10	
	50	0,20	0,20	0,15	
	100	0,30	0,25	0,25	
	150	0,30	0,30	0,30	
	200				
	250	-	-	-	
300					

⁽¹⁾ Perfiles de acero sin revestir

Ilustración 55. Tabla D.1 Coeficiente protección d/λ_p de vigas y tirantes

siendo:

μ_{fi} coeficiente de sobredimensionado

A_m/V factor de forma

d/λ_p coeficiente de aislamiento del revestimiento, (m^2K/W) obtenido como promedio de las caras expuestas al fuego, siendo:

d espesor del revestimiento (m)

λ_p conductividad térmica efectiva del revestimiento, para el desarrollo total del tiempo de resistencia al fuego considerado (W/mK)

1.2.2. Comprobaciones vigas metálicas

En este apartado comprobaremos únicamente la viga más desfavorable sometida ante un incendio representado por la curva normalizada.

La zona del depósito de libros en el edificio de oficinas será la más exigente en este caso, ya que por ser este recinto una zona de riesgo especial bajo se regirá por la tabla 3.2 de la SI-6, presentando una resistencia necesaria R 90.

Para poder entrar en la tabla D.1 deberemos conocer μ_{fi} , que lo podremos calcular con la siguiente expresión del apartado 6 de la SI-6:

$$\mu_{fi} = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

$R_{fi,d,0}$ resistencia del elemento estructural en situación de incendio en el instante inicial $t = 0$, a temperatura normal.

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}$$

Diseño por tensión a temperatura ambiente:

$\gamma_G = 1,35$ cargas permanentes

$\gamma_{Q,1} = 1,5$ factor de combinación; cargas variables

En estado límite de fuego:

$\gamma_{GA} = 1,0$ cargas permanentes; en situación de diseño accidental

$\psi_{1,1} = 0,5$ factor de combinación; cargas variables

$Q_{k,1}/G_k$	1	2	3	4
η_{fi}	0,53	0,46	0,43	0,41

Con todo esto obtenemos un $\mu_{fi} = 0,64$.

Para hallar d/λ_p deberemos conocer algunas propiedades del material protector, en este caso, las vigas están situadas por encima de un panel de yeso armado a base de fibras naturales, sus propiedades según el catálogo de elementos constructivos del CTE son las siguientes:

Productos de yeso				
Producto	HE			
	ρ kg / m ³	λ W / m·K	C_p J / kg·K	μ
Placa de yeso o escayola	750 ≤ ρ ≤ 900	0,25	1000	4
Placa de yeso laminado (PYL)	750 ≤ ρ ≤ 900	0,25 ⁽¹⁾	1000	4
Placas de yeso armado con fibras minerales	800 < ρ ≤ 1000	0,25	1000	4

Ilustración 56. Productos de yeso según catálogo elementos constructivos

El dato que realmente nos interesa es la conductividad del material que equivale a 0,25 W /mK. El espesor colocado es de 4 cm por lo que $d/\lambda_p = 0,16$. Con esto y la masividad de la viga que es de 174,1 m³ entramos en la siguiente tabla.

Tabla D.1. Coeficiente de protección, d/λ_p (m²K/W) de vigas y tirantes

Tiempo estándar de resistencia al fuego	Factor de forma $A_{m,0}/V$ (m ⁻¹)	Coeficiente de sobredimensionado $>\mu_{fi}$		
		0,70 $>\mu_{fi} \geq 0,60$	0,60 $>\mu_{fi} \geq 0,50$	0,50 $>\mu_{fi} \geq 0,40$
R 30	30	0,05	0,00 ⁽¹⁾	0,00 ⁽¹⁾
	50		0,05	0,05
	100			
	150			
	200			
	250			
R 60	30	0,10	0,10	0,05
	50	0,10	0,10	
	100			
	150			
	200			
	250			
R 90	30	0,15	0,15	0,10
	50	0,15	0,15	
	100			
	150			
	200			
	250			
R 120	30	0,20	0,20	0,15
	50	0,20	0,20	
	100			
	150			
	200			
	250			
R 180	30	0,25	0,25	0,20
	50	0,25	0,25	
	100			
	150			
	200			
	250			
R 240	30	0,30	0,30	0,25
	50	0,30	0,30	
	100			
	150			
	200			
	250			

⁽¹⁾ Perfiles de acero sin revestir

El resto de vigas que están descubiertas sin ningún tipo de material de protección están proyectadas con pintura intumescente en espesor suficiente para resistir el tiempo necesario ante un incendio.

1.3. FORJADOS

Los forjados que se disponen en todo el establecimiento serán de losa alveolar pretensada de 15 cm de espesor más una capa de compresión de 5 cm de hormigón in situ, en el que se dispondrá la armadura de reparto como se muestra en la imagen.

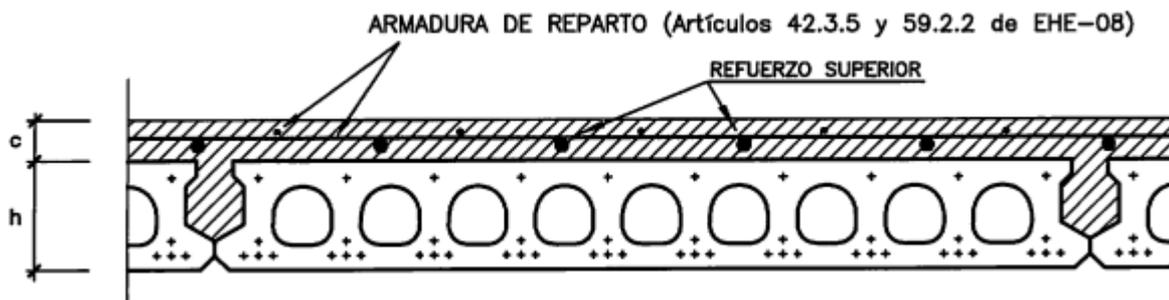


Ilustración 57. Losa alveolar

El anejo C del DB SI se establecen los métodos simplificados y tablas que permiten determinar la resistencia de los elementos de hormigón ante la acción representada por la curva normalizada tiempo- temperatura.

Los elementos estructurales deben diseñarse de forma que, ante el desconchado (spalling) del hormigón, el fallo por anclaje o por pérdida de capacidad de giro tenga una menor probabilidad de aparición que el fallo por flexión, por esfuerzo cortante o por cargas axiales.

1.3.1. Método CTE por tablas

Este método dispone de una tablas donde puede obtenerse la resistencia de los elementos estructurales a la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura de los elementos estructurales, en función de sus dimensiones y de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras.

Para la aplicación de las tablas, se define como distancia mínima equivalente al eje a_m , a efectos de resistencia al fuego, al valor:

$$a_m = \frac{\sum [A_{si} \cdot f_{yki} \cdot (a_{si} + \Delta a_{si})]}{\sum A_{si} \cdot f_{yki}}$$

siendo:

A_{si} área de cada una de las armaduras i , pasiva o activa

a_{si} distancia del eje de cada una de las armaduras i , al paramento expuesto más próximo, considerando los revestimientos

f_{yki} resistencia característica del acero de las armaduras i

Δa_{si} corrección debida a las diferentes temperaturas críticas del acero y a las condiciones particulares de exposición al fuego, conforme a los valores de la tabla C.1, siendo μ_{fi} , el coeficiente de sobredimensionado de la sección de estudio.

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)		Resto de los casos	
			Barras	Alambres	Barras	Alambres
$\leq 0,4$	+5		-5	-10		
0,5	0	0	-10	-15	-10	-15
0,6	-5		-15	-20		

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se reducirán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

Ilustración 58. Tabla C.1 Valores de Δa_{si} (mm)

Para nuestro caso en concreto deberemos tomar los valores del acero de pretensar y la columna correspondiente de alambres.

Los valores proporcionados en las tablas son aplicables a hormigones de densidad normal, confeccionados con áridos de naturaleza silíceo como es el caso.

Para la comprobación del forjado, deberemos ir al apartado C.2.3.5 que comenta los forjados unidireccionales y dice lo siguiente:

“Si los forjados disponen de elementos de entrevigado cerámicos o de hormigón y revestimiento inferior, para resistencia al fuego R 120 o menor se bastará con que se cumpla el valor de la distancia mínima equivalente al eje de las armaduras establecidos para losas macizas en la tabla C.4”.

Tabla C.4. Losas macizas

Resistencia al fuego	Espesor mínimo h_{min} (mm)	Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ⁽¹⁾		
		Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones	
			I_y/I_x ⁽²⁾ $\leq 1,5$	$1,5 < I_y/I_x$ ⁽²⁾ ≤ 2
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25

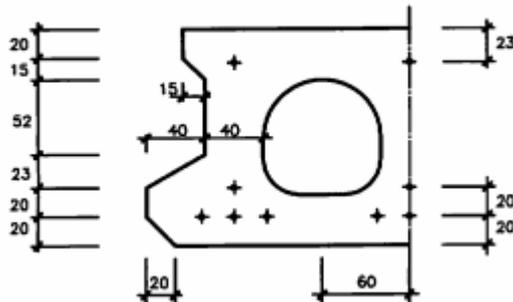
Ilustración 59. Tabla C.4. Losas macizas

En esta tabla deberemos entrar en la columna de flexión en una dirección por ser el forjado de losa alveolar unidireccional.

1.3.2. Comprobación losa alveolar

El forjado más desfavorable que existe en todo el establecimiento industrial es el forjado de oficinas ya que en la parte del depósito de libros y según se ha comentado, la resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial bajo deberán tener una R 60.

La losa está compuesta por 14Ø5 en la parte inferior y 4Ø5 en su parte inferior. Los recubrimientos serán como el siguiente detalle de la ficha técnica del fabricante.



Hallamos el área de las armaduras y la distancia desde el eje de cada una de éstas hasta la cara expuesta al fuego del elemento, que será la suma del recubrimiento y el radio de la armadura.

$$A_{si\phi 5} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 6,25 = 19,63 \text{ mm}^2$$

$$a_{si} = \text{recubrimiento} + \frac{\text{Diámetro}_{\phi 5}}{2} = 20 \text{ mm}$$

Para estar del lado de la seguridad, entraremos en la tabla con un μ_{fi} de 0,6, por lo que en el apartado de acero de pretensar, vigas y losas, alambres.... Obtenemos un valor de $\Delta a_{si} = -20 \text{ mm}$

Tabla C.1. Valores de Δa_{si} (mm)

μ_{fi}	Acero de armar		Acero de pretensar			
	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)	Resto de los casos	Vigas ⁽¹⁾ y losas (forjados)		Resto de los casos	
			Barras	Alambres	Barras	Alambres
$\leq 0,4$	+5		-5	-10		
0,5	0	0	-10	-15	-10	-15
0,6	-5		-15	-20		

⁽¹⁾ En el caso de armaduras situadas en las esquinas de vigas con una sola capa de armadura se reducirán los valores de Δa_{si} en 10 mm, cuando el ancho de las mismas sea inferior a los valores de b_{min} especificados en la columna 3 de la tabla C.3.

Distancia mínima equivalente al eje a_m :

$$a_m = \frac{12 \cdot 19,63 \cdot (20 - 20) + 4 \cdot 19,63 \cdot (125 - 20)}{12 \cdot 19,63 + 4 \cdot 19,63} = 26,25$$

Entrando en la tabla C.4 con el espesor de la losa de 15+5 y a_m :

Tabla C.4. Losas macizas

Resistencia al fuego	Espesor mínimo $h_{min}(mm)$	Distancia mínima equivalente al eje a_m (mm) ⁽¹⁾		
		Flexión en una dirección	Flexión en dos direcciones	
			I_y/I_x ⁽²⁾ $\leq 1,5$	$1,5 < I_y/I_x$ ⁽²⁾ ≤ 2
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25

Con este resultado favorable de la losa alveolar que presenta el R 90 que se exige, junto con el resto de comprobaciones tanto de vigas y soportes queda reflejado el cumplimiento de la normativa que a cada elemento le corresponde por procedimientos de cálculo, analítico o numérico de reconocida solvencia que permite así dar validez a la justificación empleada en el capítulo 1 de este documento.

1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1.1. Definición y alcance del pliego de condiciones

El presente pliego de condiciones, en unión de las disposiciones que con carácter general y particular se indican, tiene por objeto la ordenación de las condiciones que han de regir en la ejecución de las obras de construcción reflejadas en el presente documento.

1.1.2. Documentos que definen las obras

El presente pliego de condiciones, conjuntamente con los planos, la memoria, las mediciones y el presupuesto, forma parte del proyecto de ejecución que servirá de base para la ejecución de las obras.

Los planos, la memoria, las mediciones y el presupuesto, constituyen los documentos que definen la obra en forma geométrica y cuantitativa.

En caso de incompatibilidad o concentración entre el pliego de condiciones y el resto de la documentación del proyecto de ejecución, se estará a lo que disponga al respecto la dirección facultativa.

Lo mencionado en el pliego de condiciones y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que la unidad de obra esté definida en uno u otro documento.

1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

1.2.1. Delimitación general de funciones técnicas

1.2.1.1. El director de obra

Corresponden al ingeniero o arquitecto, como director de obra, las funciones establecidas en la Ley de Ordenación de la Edificación (L.O.E., ley 38/1999, de 5 de noviembre)

1.2.1.2. El director de ejecución de obra

Correspondiente al ingeniero, aparejador o arquitecto técnico, como director de ejecución obra, las funciones establecidas en la Ley de Ordenación de la Edificación (L.O.E., ley 38/1999, de 5 de noviembre)

1.2.1.3. El constructor

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en la ley de Ordenación de la Edificación (L.O.E., ley 38/1999, de 5 de noviembre), corresponde al constructor de la obra:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de que ésta alcance la calidad exigible.
- Tener, en su caso, la titulación o capacitación profesional que habilite para el cumplimiento de las condiciones exigibles.
- Designar al jefe de la obra, o en su defecto a la persona, que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Suscribir, en su caso, las garantías previstas en el artículo 19 de la L.O.E.
- Suscribir y firmar el acta de replanteo de la obra, con el arquitecto, como director de la obra, y con el aparejador o arquitecto técnico, como director de ejecución de la obra.
- Suscribir y firmar, con el promotor y demás intervinientes, el acta de recepción de la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostentará, por sí mismo o por delegación, la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinará las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del director de ejecución de la obra, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el libro de órdenes y asistencias, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar a la dirección facultativa, con antelación suficiente, los medios precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Concertar durante la obra los seguros de accidentes de trabajo, y de daños a terceros, que resulten preceptivos.

Normativa vigente

El constructor se sujetará a las leyes, reglamentos, ordenanzas y normativa vigentes, así como a las que se dicten, antes y durante la ejecución de las obras que le sean legalmente de aplicación.

Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario solicitará las aclaraciones pertinentes.

Oficina en la obra

El constructor habilitará en la obra una oficina que dispondrá de una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos y estará convenientemente acondicionada para que en ella pueda trabajar la dirección facultativa con normalidad a cualquier hora de la jornada.

En dicha oficina tendrá siempre el constructor a disposición de la dirección facultativa:

- El proyecto de ejecución completo visado por el colegio profesional o con la aprobación administrativa preceptiva, incluidos los complementos que en su caso redacte el arquitecto o ingeniero.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad y salud.
- El libro de incidencias.
- La normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- La documentación de los seguros que deba suscribir.

Representación del constructor

El constructor viene obligado a comunicar a la dirección facultativa la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

El incumplimiento de estas obligaciones o, en general, la falta de calificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero o arquitecto para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

Presencia del constructor en la obra

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la dirección facultativa, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrando los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

Dudas de interpretación

Todas las dudas que surjan en la interpretación de los documentos del proyecto o posteriormente durante la ejecución de los trabajos serán resueltas por la dirección facultativa.

Datos a tener en cuenta por el constructor

Las especificaciones no descritas en el presente pliego y que figuren en cualquiera de los documentos que completa el proyecto: memoria, planos, mediciones y presupuesto, deben considerarse como datos a tener en cuenta en la formulación del presupuesto por parte del constructor que realice las obras, así como el grado de calidad de las mismas.

Conceptos no reflejados en parte de la documentación

En la circunstancia de que se vertieran conceptos en los documentos escritos que no fueran reflejados en los planos del proyecto, el criterio a seguir lo decidirá la dirección facultativa; recíprocamente cuando en los documentos gráficos aparecieran conceptos que no se ven reflejados en los documentos escritos, la especificación de los mismos será decidida igualmente por la dirección facultativa.

Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación del constructor ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la dirección facultativa dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba, tanto del aparejador o arquitecto técnico como del ingeniero o arquitecto.

Reclamación contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones de orden económico que el constructor quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa sólo podrá presentarlas en el plazo de tres días, a través del arquitecto, ante la propiedad.

Contra disposiciones de tipo técnico del ingeniero, arquitecto o de la dirección de ejecución de obra, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el constructor salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al arquitecto en el plazo de una semana, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Libro de órdenes y asistencias

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento adecuado de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará mientras dure la misma, el libro de órdenes y asistencias, en el que la dirección facultativa reflejará las visitas realizadas, incidencias surgidas y en general todos aquellos datos que sirvan para determinar si por la contrata se han cumplido los plazos y fases de ejecución previstos para la realización de la obra.

El director de la obra y los demás facultativos colaboradores en la dirección de las obras irán dejando constancia, mediante las oportunas referencias, de sus visitas e inspecciones y de las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y obliguen a cualquier modificación en el proyecto, así como de las órdenes que se necesite dar al constructor respecto de la ejecución de las obras, las cuales serán de su obligado cumplimiento.

Las anotaciones en el libro de órdenes, harán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución e incidencias del contrato; sin embargo cuando el constructor no estuviese conforme podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes. Efectuar una orden a través del correspondiente asiento en este libro no será obstáculo para que cuando la dirección facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha circunstancia se reflejará de igual forma en el libro de órdenes.

Recusación por el constructor de la dirección facultativa

El constructor no podrá recusar a los ingenieros, arquitectos, aparejadores, o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el párrafo correspondiente (que figura anteriormente) del presente pliego de condiciones, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

Faltas del personal

El ingeniero o arquitecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al constructor para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

Subcontrataciones por parte del constructor

El constructor podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a subcontratistas, con sujeción a lo dispuesto por la legislación sobre esta materia y, en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares, todo ello sin perjuicio de sus obligaciones como constructor general de la obra.

Desperfectos a colindantes

Si el constructor causase algún defecto en propiedades colindantes tendrá que restaurarlas por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al comienzo de la obra.

1.2.2. Recepción de la obra

Para la recepción de la obra se estará en todo a lo estipulado al respecto en el artículo 6 de la ley de Ordenación de la edificación (ley 38/1999, de 5 de noviembre).

Plazo de garantía

El plazo de las garantías establecidas por la ley de Ordenación de la edificación comenzará a contarse a partir de la fecha consignada en el acta de recepción de la obra o cuando se entienda ésta tácitamente producida (Art. 6 de la LOE).

Autorizaciones de uso

Al realizarse la recepción de las obras deberá presentar el constructor las pertinentes autorizaciones de los organismos oficiales para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran.

Los gastos de todo tipo que dichas autorizaciones originen, así como los derivados de arbitrios, licencias, vallas, alumbrado, multas, etc., que se ocasionen en las obras desde su inicio hasta su total extinción serán de cuenta del constructor.

Documentación de final de obra. Conformidad del Libro del Edificio

En relación con la elaboración de la documentación del seguimiento de la obra (Anejo II de la parte I del CTE), así como para la conformación del Libro del Edificio, el constructor facilitará a la dirección facultativa toda la documentación necesaria, relativa a la obra, que permita reflejar la realmente ejecutada, la relación de todas las empresas y profesionales que hayan intervenido.

Con idéntica finalidad, la dirección facultativa tendrá derecho a exigir la cooperación de los empresarios y profesionales que participen directa o indirectamente en la ejecución de la obra y estos deberán prestársela.

Garantías del constructor

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallen, el constructor garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

Normas de cumplimentación y tramitación de documentos

Se cumplimentarán todas las normas de las diferentes conserjerías y demás organismos, que sean de aplicación.

1.2.3. De los trabajos, los materiales y los medios auxiliares

Caminos y accesos

El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. La dirección técnica de obra, el aparejador o arquitecto técnico podrá exigir su modificación o mejora.

Replanteo

Como actividad previa a cualquier otra de la obra, se procederá por el constructor al replanteo de las obras en presencia de la dirección facultativa, marcando sobre el terreno convenientemente todos los puntos necesarios para la ejecución de las mismas. De esta operación se extenderá acta por duplicado, que firmarán la dirección facultativa y el constructor. La Contrata facilitará por su cuenta todos los medios necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.

Comienzo de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

La obra dará comienzo en el plazo estipulado, para lo cual el constructor deberá obtener obligatoriamente la autorización por escrito del ingeniero o arquitecto y comunicar el comienzo de los trabajos a la dirección facultativa de la obra al menos con cinco días de antelación.

El ritmo de la construcción ira desarrollándose en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido.

Orden de los trabajos

En general la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

Facilidades para el subcontratista

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el constructor deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los subcontratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre subcontratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio se estará a lo establecido en la legislación relativa a la subcontratación y en último caso a lo que resuelva la dirección facultativa.

Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso ampliar el proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier causa accidental, no se interrumpirán los trabajos, continuándose si técnicamente es posible, según las instrucciones dadas por el ingeniero o arquitecto en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

Obras de carácter urgente

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección facultativa de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier otra obra de carácter urgente.

Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El constructor no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubieran proporcionado.

Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno al ingeniero o arquitecto; otro al director de obra, aparejador o arquitecto técnico; y el tercero al constructor, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

Trabajos defectuosos

El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las disposiciones técnicas, generales y particulares del pliego de condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución, erradas maniobras o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al aparejador o arquitecto técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra.

Accidentes

Así mismo será responsable ante los tribunales de los accidentes que, por ignorancia o descuido, sobrevinieran, tanto en la construcción como en los andamios, ateniéndose en todo a las disposiciones de policía urbana y legislación sobre la materia.

Defectos apreciables

Cuando la dirección facultativa, el aparejador o arquitecto técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones prescritas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado,

y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el arquitecto de la obra, quien resolverá.

Vicios ocultos

Si la dirección facultativa tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción de la obra, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al ingeniero o arquitecto.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente.

De los materiales y de los aparatos. Su procedencia

El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego de condiciones técnicas particulares preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar a la dirección facultativa una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Reconocimiento de los materiales por la dirección facultativa

Los materiales serán reconocidos, antes de su puesta en obra, por la dirección facultativa sin cuya aprobación no podrán emplearse; para lo cual el constructor le proporcionará al menos dos muestras de cada material para su examen, a la dirección facultativa, pudiendo ser rechazados aquellos que a su juicio no resulten aptos. Los materiales desechados serán retirados de la obra en el plazo más breve. Las muestras de los materiales una vez que hayan sido aceptados, serán guardadas juntamente con los certificados de los análisis, para su posterior comparación y contraste.

Ensayos y análisis

Siempre que la dirección facultativa lo estime necesario, serán efectuados los ensayos, pruebas, análisis y extracción de muestras de obra realizada que permitan comprobar que tanto los materiales como las unidades de obra están en perfectas condiciones y cumplen lo establecido en este pliego.

El abono de todas las pruebas y ensayos será de cuenta del constructor.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

Materiales no utilizables

Se estará en todo a lo dispuesto en la legislación vigente sobre gestión de los residuos de obra.

Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego de condiciones, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o se demostrara que no eran adecuados para su objeto, el ingeniero o arquitecto a instancias propias o del director de obra, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no alcanzasen la calidad prescrita, pero fuesen aceptables a juicio del arquitecto, se recibirán con la rebaja de precio que aquél determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

Limpieza de las obras

Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

Obras sin prescripciones

En la ejecución de los trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego de condiciones ni en la restante documentación del proyecto, el constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

1.3.1. Medición de las unidades de obra

La medición del conjunto de unidades de obra se verificará aplicando a cada una de ellas la unidad de medida que le sea apropiada y con arreglo a las mismas unidades adoptadas en el presupuesto, unidad completa, metros lineales, cuadrados, o cúbicos, kilogramos, partida alzada, etc.

Tanto las mediciones parciales como las totales ejecutadas al final de la obra se realizarán conjuntamente con el constructor, levantándose las correspondientes actas que serán firmadas por ambas partes.

Todas las mediciones que se efectúen comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas, no teniendo el constructor derecho a reclamación de ninguna especie por las diferencias que se produjeran entre las mediciones que se ejecuten y las que figuren en el proyecto, salvo cuando se trate de modificaciones de éste aprobadas por la dirección facultativa y con la conformidad del promotor que vengan exigidas por la marcha de las obras, así como tampoco por los errores de clasificación de las diversas unidades de obra que figuren en los estados de valoración.

1.3.2. Valoración de las unidades de obra

La valoración de las unidades de obra no expresadas en este pliego de condiciones se verificará aplicando a cada una de ellas la medida que le sea más apropiada y en la forma y condiciones que estime justas el ingeniero o arquitecto, multiplicando el resultado final por el precio correspondiente.

El constructor no tendrá derecho alguno a que las medidas a que se refiere este artículo se ejecuten en la forma que él indique, sino que será con arreglo a lo que determine el director de la obra.

Se supone que el constructor debe estudiar detenidamente los documentos que componen el proyecto y, por lo tanto, de no haber hecho ninguna observación sobre errores posibles o equivocaciones del mismo, no habrá lugar a reclamación alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tendrá derecho a reclamación alguna.

Las valoraciones de las unidades de obra que figuran en el presente proyecto se efectuarán multiplicando el número de éstas por el precio unitario asignado a las mismas en el contrato suscrito entre promotor y constructor o, en defecto de este, a las del presupuesto del proyecto.

En el precio unitario aludido en el artículo anterior se consideran incluidos los gastos del transporte de materiales, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos que graven los materiales durante la ejecución de las obras, ya sea por el Estado, Comunidad Autónoma, Provincia o Municipio; de igual forma se consideran incluidas toda clase de cargas sociales. También serán de cuenta del constructor los honorarios, las tasas y demás gravámenes que se originen con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones con que esté dotado el inmueble.

El constructor no tendrá derecho por ello a pedir indemnización alguna por las causas enumeradas. En el precio de cada unidad de obra van comprendidos los de todos los materiales, accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de recibirse.

1.3.3. Abonos del promotor al constructor a cuenta de la liquidación final

Todo lo que se refiere al régimen de abonos del promotor al constructor se regirá por lo especificado en el contrato suscrito entre ambos.

En ausencia de tal determinación, el constructor podrá solicitar al promotor abonos a cuenta de la liquidación final mediante la presentación de facturas por el montante de las unidades de obra ejecutada que refleje la "Certificación parcial de obra ejecutada" que deberá acompañar a cada una de ellas.

Las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutada, que se realizarán según el criterio establecido en el punto anterior (valoración de las unidades de obra), serán suscritas por el aparejador o arquitecto técnico y el constructor y serán conformadas por el arquitecto, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Los abonos que el promotor efectúe al constructor tendrán el carácter de "entrega a cuenta" de la liquidación final de la obra, por lo que el promotor podrá practicar en concepto de "garantía", en cada uno de ellos, una retención del 5% que deberá quedar reflejada en la factura. Estas retenciones podrán ser sustituidas por la aportación del constructor de una fianza o de un seguro de caución que responda del resarcimiento de los daños materiales por omisiones, vicios o defectos de ejecución de la obra.

Una vez finalizada la obra, con posterioridad a la extinción de los plazos de garantía establecidos por la Ley de Ordenación de la Edificación, el constructor podrá solicitar la devolución de la fianza depositada o de las cantidades retenidas, siempre que de haberse producido deficiencias éstas hubieran quedado subsanadas.

2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. CONTROL DE CALIDAD

2.1.1. Materiales

La maquinaria, materiales o cualquier otro elemento en el que sea definible una calidad, será el indicado en proyecto. Si el instalador propusiese uno de calidad similar, únicamente la Dirección de Obra, definirá si es o no similar, por lo que todo elemento que no sea específicamente indicado en el presupuesto, deberá haber sido aprobado por escrito por aquella, siendo eliminado sin perjuicio a la Propiedad si no cumpliera este requisito.

2.1.2. Aparatos

El instalador exigirá a los proveedores y presentará a la Dirección de Obra la documentación de los equipos solicitados que incluirán dimensiones y pesos, características generales y técnicas, esquemas de conexiones, instrucciones de montaje, funcionamiento, regulación, programación y mantenimiento, homologaciones exigidas y obtenidas.

Igualmente se exigirá al instalador y este a los fabricantes y suministradores, placas de características de todos los equipos, solidariamente unidas a los mismos de acuerdo con las normativas específicas en cada caso, así como certificado para los aparatos, equipos, sistemas o sus componentes, de cumplimiento del Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, emitido por organismo de control autorizado.

2.1.3. Equipos

Los aparatos, equipos y sistemas, así como sus partes o componentes, y la instalación de los mismos, deben reunir las características que se especifican a continuación.

2.1.3.1. Sistemas manuales de alarma de incendios

Los sistemas manuales de alarma de incendio estarán constituidos por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.

Las fuentes de alimentación del sistema manual de pulsadores de alarma, sus características y especificaciones deberán cumplir idénticos requisitos que las fuentes de alimentación de los sistemas automáticos de detección, pudiendo ser la fuente secundaria común a ambos sistemas.

Los pulsadores de alarma se situarán de modo que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador, no supere los 25 metros.

La alarma se debe activar al romper el cristal sin necesidad de usar ningún instrumento adicional (por ej. un martillo). La ventana de cristal debe estar diseñada de forma que previene los daños provocados por golpes.

El pulsador manual, en caso de un cortocircuito, se tiene que poder desconectar de la línea de detección de forma que no se interrumpa el correcto funcionamiento del resto de detectores conectados a la línea de detección. La función de desconexión se debe poder configurar en la central de manera que se pueda desactivar cuando se ha reparado el cortocircuito.

El pulsador tiene que tener comunicación digital con la central con base a un protocolo de reconocimiento de errores con transmisión múltiple de la información.

El pulsador debe tener un LED incorporado que se active cuando se activa el pulsador. El pulsador se tiene que poder probar sin necesidad de romper el cristal.

El pulsador irá montado a una altura máxima de 1,5 m desde el nivel del suelo.

La sustracción no autorizada de los pulsadores debe activar una alarma. El pulsador debe cumplir la norma EN54-2 [25].

El pulsador se tiene que poder montar en una caja de montaje visto que contenga como mínimo las bornas necesarias para la conexión de los cables.

2.1.3.2. Extintores de incendio

Los extintores de incendio necesitarán, antes de su fabricación o importación, con independencia de lo establecido por la ITC-MIE-AP5, ser aprobados de acuerdo con lo establecido en el artículo 2 de este Reglamento, a efectos de justificar el cumplimiento de lo dispuesto en la norma UNE 23.110.

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio, a ser posible próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a paramentos verticales, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1,70 metros sobre el suelo.

Los extintores se colocarán siempre en sitios visibles y de fácil acceso.

Deberán ajustarse a las especificaciones de las normas UNE 23-110 [6] y estar homologados por el Ministerio de Industria y Energía, figurando en su placa el tipo y capacidad del agente extintor, vida útil, eficacia de extinción y tiempos de descarga. El extintor dispondrá de manguera y boquilla direccional para facilitar el trabajo al operador, dispositivo para interrupción de salida del agente extintor a voluntad del operador y manómetro para comprobar la presión.

Para su colocación se fijará soporte a la columna o paramento vertical por un mínimo de dos puntos, de forma que una vez dispuesto sobre dicho soporte el extintor, la parte superior quede como máximo a 170 cm del suelo.

Los extintores estarán fabricados en acero de alta calidad, soldados en su parte central y acabados exteriormente en pintura epoxy de color rojo.

2.2. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES. INSTALADORES AUTORIZADOS

Según el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios., la instalación de aparatos, equipos, sistemas y sus componentes, con excepción de los extintores portátiles, se realizará por instaladores debidamente autorizados.

El instalador es responsable de ejecutar correctamente el montaje de la instalación, siguiendo siempre las directrices y normas del director de obra, no pudiendo sin su autorización variar trazados, cambiar materiales o introducir modificaciones al proyecto y especialmente a este pliego de condiciones.

El instalador se hace responsable del proyecto, debiendo con anterioridad a la adjudicación, conocerlo.

Manifestará expresamente que encuentra el proyecto correcto o no. En su defecto se entiende que el proyecto es conocido y ha sido debidamente estudiado y que lo encuentra completo, correcto y acorde a las normativas oficiales vigentes en toda su extensión.

En el caso de existir modificaciones en el número de elementos a instalar, estas serán tenidas en cuenta, tanto en defecto como en exceso, basándose en los precios unitarios presentados en la oferta, para el cálculo del importe definitivo de la instalación.

Es responsable de efectuar la instalación cumpliendo fielmente la legislación vigente, especialmente el apartado de Seguridad e Higiene, así como la normativa relacionada con estas especificaciones.

Todos los permisos legales, administrativos o cualquier otra autorización, serán por cuenta del instalador, incluyendo solicitud, adquisición y coste.

Será responsabilidad del instalador el ajuste y puesta en marcha de todas las instalaciones, tras haber realizado las pertinentes pruebas de recepción, y recibir el Visto Bueno de la dirección de obra.

El instalador es responsable de las averías, accidentes, daños o pérdidas que sufra la propiedad por falta o defectos de planificación, mal montaje, falta de calidad, sustracciones o desapariciones de equipos, errores de ejecución en los trabajos de instalación o en la realización de las pruebas de funcionamiento a juicio de la Dirección Técnica de Obra.

El instalador es responsable de realizar la limpieza durante la ejecución de la obra de su material.

El instalador es responsable del fiel cumplimiento de estas especificaciones y del proyecto, hecho que expresará por escrito, entregando en la oferta un documento que lo recoja.

El instalador deberá cumplir tanto en los equipos suministrados, como el montaje de la instalación toda la normativa que afecte al cometido de sus trabajos, y en particular:

- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales
- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios y todas las normas UNE citadas en el mismo.
- Reglamentos de Aparatos a Presión
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión

2.3. CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

Los medios materiales de protección contra incendios se someterán al programa mínimo de mantenimiento que se establece en las tablas I y II.

Las operaciones de mantenimiento recogidas en la tabla I serán efectuadas por personal de un instalador o un mantenedor autorizado, o por el personal del usuario o titular de la instalación.

Las operaciones de mantenimiento recogidas en la tabla II serán efectuadas por personal del fabricante, instalador o mantenedor autorizado para los tipos de aparatos, equipos o sistemas de que se trate, o bien por personal del usuario, si ha adquirido la condición de mantenedor por disponer de medios técnicos adecuados, a juicio de los servicios competentes en materia de industria de la Comunidad Autónoma.

En todos los casos, tanto el mantenedor como el usuario o titular de la instalación, conservarán constancia documental del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, indicando, como mínimo: las operaciones efectuadas, el resultado de las verificaciones y pruebas y la sustitución de elementos defectuosos que se hayan realizado. Las anotaciones deberán llevarse al día y estarán a disposición de los servicios de inspección de la Comunidad Autónoma correspondiente.

2.3.1. Operaciones a realizar por el personal del titular de la instalación del equipo o sistema

2.3.1.1. Sistema manual de alarma de incendios

Cada 3 meses: comprobación de funcionamiento de la instalación (con cada fuente de suministro). Mantenimiento de acumuladores (limpieza de bornas, reposición de agua destilada, etc)

Cada año: verificación integral de la instalación. Limpieza de sus componentes. Verificación de uniones roscadas o soldadas. Prueba final de la instalación con cada fuente de suministro eléctrico.

2.3.1.2. Bocas de incendio equipadas

Cada 3 meses: comprobación de la accesibilidad, señalización, buen estado aparente de conservación. Inspección ocular de seguros, precintos, inscripciones, etc. Comprobación del peso y presión en su caso. Inspección ocular del estado externo de las partes mecánicas (boquilla, válvula, manguera, etc.).

2.3.1.3. Extintores de incendio

Cada año: Comprobación del peso y presión en su caso. En el caso de extintores de polvo con botellín de gas de impulsión se comprobará el buen estado del agente extintor y el peso y aspecto externo del botellín. Inspección ocular del estado de la manguera, boquilla o lanza, válvulas y partes mecánicas.

Nota: En esta revisión anual no será necesaria la apertura de los extintores portátiles de polvo con presión permanente, salvo que en las comprobaciones que se citan se hayan observado anomalías que lo justifique. En el caso de apertura del extintor, la empresa mantenedora situará en el exterior del mismo un sistema indicativo que acredite que se ha realizado la revisión interior del aparato. Como ejemplo de sistema indicativo de que se ha realizado la apertura y revisión interior del extintor, se puede utilizar una etiqueta indeleble, en

forma de anillo, que se coloca en el cuello de la botella antes del cierre del extintor y que no pueda ser retirada sin que se produzca la destrucción o deterioro de la misma.

Cada 5 años: A partir de la fecha de timbrado del extintor (y por tres veces) se procederá al retimbrado del mismo de acuerdo con la ITC-MIE-AP5 del Reglamento de aparatos a presión sobre extintores de incendios.

Rechazo: Se rechazarán aquellos extintores que, a juicio de la empresa mantenedora presenten defectos que pongan en duda el correcto funcionamiento y la seguridad del extintor o bien aquellos para los que no existan piezas originales que garanticen el mantenimiento de las condiciones de fabricación.

2.4. DOCUMENTACIÓN DE PUESTA EN MARCHA DE LAS INSTALACIONES

La solicitud la tramitará el titular de la instalación o su representante legal, pudiéndose realizar a lo largo de todo el año.

Una vez se tenga la documentación necesaria habrá que entregarla en los registros de los órganos administrativos a que se dirijan o ante cualquier órgano administrativo que pertenezca a la Administración General del Estado, a la de cualquier administración de las comunidades autónomas, o a la de alguna de las entidades que forman la administración local si, en este último caso, se hubiera suscrito el oportuno convenio, así como en las representaciones diplomáticas u oficinas consulares de España en el extranjero.

2.5. REVISIONES E INSPECCIONES PERIÓDICAS

Con independencia de la función inspectora asignada a la Administración pública competente en materia de industria de la comunidad autónoma y de las operaciones de mantenimiento previstas en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, los titulares de los establecimientos industriales a los que sea de aplicación este reglamento deberán solicitar a un organismo de control facultado para la aplicación de este reglamento la inspección de sus instalaciones.

Los "Organismos de Control facultados" están regulados por el "Reglamento para la infraestructura de la Calidad y la Seguridad Industrial" (R.D.2200/1995), además de ser facultado por la Comunidad Autónoma correspondiente.

En esta inspección se comprobará:

- Que no se han producido cambios en la actividad ni ampliaciones.
- Que se sigue manteniendo la tipología del establecimiento, los sectores y/o áreas de incendio y el riesgo intrínseco de cada uno.
- Que los sistemas de protección contra incendios siguen siendo los exigidos y que se realizan las operaciones de mantenimiento conforme a lo recogido en el apéndice 2 del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

La inspección, además de la comprobación de la situación de los mencionados parámetros, consecuentemente debe incluir la adecuación de las medidas de protección en aspectos tales como:

- Sectorización (Tabiques, puertas, compuertas, sellados, etc.)
- Estructura (Protecciones de las estructuras portantes)

- Evacuación (Recorridos y salidas)

Equipos e instalaciones de lucha contra incendios, en todos los aspectos que influyen en su eficacia, y conforme a lo establecido en el RIPCI (R.D. 1942/1993), modificado por B.O.E. N° 101 publicado el 28/4/1998:

- Disposición/cobertura
- Parámetros de diseño
- Adecuación del agente extintor al tipo de riesgo, y
- Estado operacional, comprobando que se realizan inspecciones periódicas para el mantenimiento

La periodicidad con que se realizarán dichas inspecciones no será superior a:

- Cinco años, para los establecimientos de riesgo intrínseco bajo.

De dichas inspecciones se levantará un acta, firmada por el técnico titulado competente del organismo de control que ha procedido a la inspección y por el titular o técnico del establecimiento industrial, quienes conservarán una copia.

2.6. MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES. MANTENEDORES AUTORIZADOS

Los aparatos, equipos, sistemas y sus componentes, empleados en la protección contra incendios, deben someterse a las operaciones de mantenimiento que se establecen en el Apéndice 2 del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI), en el cual se determina en cada caso, el tiempo máximo que podrá transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

También, en las tablas I y II del Apéndice 2 del RIPCI se especifica las operaciones de mantenimiento que pueden ser realizadas por el personal de una empresa mantenedora autorizada, por el personal del usuario o titular de la instalación, y cuáles por el personal especializado del fabricante o instalador del equipo o sistema.

En todos los casos, tanto el mantenedor como el usuario o titular de la instalación, conservarán constancia documental del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, indicando, como mínimo las operaciones efectuadas, el resultado de las verificaciones y pruebas y la sustitución de elementos defectuosos que se hayan realizado. Las anotaciones deberán llevarse al día y estarán a disposición de los servicios de inspección de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Anexo A: Certificados materiales

El objetivo de este anexo es demostrar mediante certificados aportados por las empresas instaladoras que sus productos cumplen las exigencias de resistencia contra el fuego que se requieren en este proyecto, y que se han justificado tanto en el capítulo 1 del reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales como en el capítulo 2 de seguridad en caso de incendio.

Primero veamos cual es la nomenclatura utilizada por los fabricantes en estos certificados:

Resistencia al fuego de los elementos constructivos

La clasificación de los materiales y elementos constructivos a efectos de su comportamiento ante el fuego es principalmente la siguiente.

R: Capacidad portante, es el tiempo durante el cual el elemento mantiene su resistencia mecánica.

E: Integridad, es el tiempo durante el cual el elemento impide el paso de las llamas y la producción de gases calientes en la cara no expuesta al fuego.

I: Aislamiento, que es el tiempo durante el cual el elemento cumple su función aislante térmico para que no se produzcan temperaturas excesivamente elevadas en la cara no expuesta al fuego.

El número que le sigue representa el tiempo en minutos durante los cuales se cumplen las exigencias.

Reacción al fuego de los materiales constructivos

Es el comportamiento de un material al fuego en función de su contribución al desarrollo del mismo. La clasificación que emplea el Código Técnico viene definida por los siguientes parámetros, anulando las antiguas clases M0, M1, M2 y M3.

Contribución a la propagación del fuego:

A1: No combustible; sin contribuir al fuego en grado máximo

A2: No combustible; sin contribuir al fuego en grado menor

B: Combustible con contribución muy limitada al fuego

C: Combustible con contribución limitada al fuego

D: Combustible con contribución media al fuego

E: Combustible con contribución alta al fuego

F: Sin clasificar

Opacidad de los humos producidos:

s1: Baja opacidad

s2: Opacidad media

s3: Alta opacidad

Caída de gotas o partículas inflamadas:

d0: No las produce

d1: Las produce en grado medio

d2: Las produce en grado alto

Algunos de los certificados que se aportan son los siguientes y en ese mismo orden:

- Puerta metálica pivotante

Esta puerta es la que separa el muelle de la sala de control del almacén, independizando el sector 1 del sector 4 de uso administrativo.

Se exige	Clasificación	Integridad
EI 30	EI 60	E 90

- Puerta metálica de guillotina

Este elemento se encuentra en la ventana que da al muelle desde la sala de control del almacén. Al igual que la puerta anterior independiza el sector 1 del sector 4.

Se exige	Clasificación	Integridad
EI 30	EI 30	E 60

- Puerta metálica de una hoja corredera

Esta puerta es la que independiza el sector 1 del sector 3 correspondiente a la sala de envasados. Esta puerta incluye un electroimán que en caso de incendio abre para cerrar la puerta e independizar ambos sectores.

Se exige	Clasificación	Integridad
EI 30	EI 30	E 60

- Paneles aislantes

Son los paneles de poliisocianurato utilizados en paredes y techo de las cámaras por su baja transmitancia. Hay que distinguir 4 tipos de paneles en función de su espesor y resistencia al fuego.

	Espesor (mm)	Reacción al fuego	Se exige	Clasificación
PANEL HI-PIRM F 100	100	Bs1d0	-	-
PANEL HI-PIRM F 150	150	Bs1d0	-	-
PANEL HI-PIR F 200	200	Bs1d0	EI 60	EI 60
PANEL HI-PIRM F 200	200	Bs1d0	-	-

- Franja cortafuegos

Estas franjas cortafuegos están destinadas a retrasar o impedir la propagación del fuego bien por fachada o bien por la cubierta que es el caso de las colocadas en este establecimiento. Se han colocado franjas cortafuegos en los siguientes espacios:

Sala de envasados – Edificio de oficinas

Sala de envasadas – Cámara 1 de congelados

Sala de máquinas – Cámara 2 de congelados

Se exige	Clasificación	Integridad
EI 30	EI 120	E 120

1.- OBJETIVO DEL INFORME

El objetivo del presente informe es definir la clasificación de la Resistencia al fuego obtenida por una **puerta metálica pivotante** referenciada como «**NA-60-1H**» de acuerdo con la norma EN 13501-2:2004 *“Clasificación del comportamiento al fuego de productos y materiales de la construcción. Parte 2: Clasificación usando datos procedentes de ensayos de Resistencia al fuego”*.

NOTA: Este informe no representa ningún tipo de aprobación o certificación del producto ensayado.

2.- DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA OBJETO DE CLASIFICACIÓN

La muestra «**NA-60-1H**» se define como una puerta cortafuego pivotante y su función es la de resistir un incendio según los criterios definidos en la norma EN 13501-2:2004.

En el anexo 3 del informe 13581-1 se adjunta la ficha técnica de dicha muestra.

3.- INFORME EN EL QUE SE BASA LA CLASIFICACIÓN

LABORATORIO EMISOR	CIDEMCO Bº Lasao, Área Anardi 5 20730 Azpeitia (Guipúzcoa)
MUESTRA ENSAYADA REFERENCIA COMERCIAL	una puerta metálica «NA-60-1H»
SOLICITANTE DEL ENSAYO	NOVOFERM ALSAL, S.A. Polígono Industrial de Guarnido, Parcelas 81 y 82 39480 GUARNIZO (CANTABRIA)
Nº INFORME DE ENSAYO	13581-1
FECHA DE EMISIÓN	15 de septiembre de 2006
ENSAYO REALIZADO	Una muestra expuesta por una cara a la curva según norma UNE-EN 1634-1:2000

RESULTADOS DEL ENSAYO**INTEGRIDAD:
AISLAMIENTO:****93 minutos
73 minutos**

4.- CLASIFICACIÓN

De acuerdo con la norma EN 13501-2:2004, el registro «**NA-60-1H**» recibido en CIDEMCO el 05 de abril de 2006 recibe la siguiente clasificación:

CLASIFICACIÓN: EI₂ 60 E90

5.- CAMPO DE APLICACIÓN DIRECTA

El campo de aplicación directa de los resultados del ensayo, se refiere a aquellos cambios que se pueden efectuar sobre una muestra tras un ensayo de resistencia al fuego de resultado conforme. Estas variaciones pueden ser introducidas automáticamente sin necesidad por parte del solicitante de obtener evaluación, cálculo o aprobación adicionales.

5.1.- MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN

A menos que expresamente se diga otra cosa en los siguientes apartados, la construcción posterior de cualquier puerta deberá ser la misma que la empleada en la muestra sometida a ensayo. El número de hojas y el modo de operación no deberá modificarse.

5.1.1.- Restricciones específicas en materiales y construcción

- El espesor y/o densidad de la hoja se podrá incrementar, con la precaución de que el incremento total del peso de la hoja no sea mayor al 25 %.
- El espesor de las hojas de las puertas se podrá aumentar, pero en ningún caso se podrá reducir.

4.2.- CONDICIONES DE EXPOSICIÓN

Curva temperatura/tiempo	$T = 345 \log_{10} (8t + 1) + 20$
Dirección de la exposición	Guías de deslizamiento y contrapesos situados en la cara no expuesta al fuego.
Número de caras expuestas	1
Condiciones de soporte	Pared de ladrillo perforado cerámico rebozada con mortero por la cara expuesta al fuego y espesor total de 150 mm.

4.3.- TABLA DE RESULTADOS

	Minuto fallo	Razón
Integridad	Minuto 77	Se produce una llama continua durante más de 10 segundos.
Aislamiento Térmico (criterio EI₁)	Minuto 40	Se registra un incremento de temperatura superior a 180°C en un termopar de una hoja de la puerta.
Aislamiento Térmico (criterio EI₂)	Minuto 69	Se registra un incremento de temperatura superior a 180°C en un termopar de una hoja de la puerta.

5.- CLASIFICACIÓN

De acuerdo con el apartado 7.5 de la norma UNE EN 13501-2:2009 + A1:2010 la clasificación del elemento ensayado es la siguiente:

Puerta metálica de guillotina de tres hojas y fijo con referencia "GRFT-MEC", con guías y contrapesos en el lado no expuesto al fuego.

**EI₁ 30 CATEGORÍA B
EI₂ 60 CATEGORÍA B**

4.2.- CONDICIONES DE EXPOSICIÓN

Curva de temperatura/tiempo	$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$
Dirección de la exposición	Todos los mecanismos y marcos se encuentran en el lado no expuesto al fuego.
Número de caras expuestas	1
Condiciones de soporte	Pared de ladrillo cerámico de 140 mm de espesor rebozada con mortero por la cara expuesta al fuego.

4.3.- TABLA DE RESULTADOS

	Minuto de fallo	Razon
Aislamiento térmico (criterio de clasificación EI₁)	55	El termopar nº 33, correspondiente a la esquina superior derecha de la hoja vista desde el lado no expuesto al fuego, registra un incremento de temperatura superior a 180°C respecto a la inicial.
Aislamiento térmico (criterio de clasificación EI₂)	95	El termopar nº 31, correspondiente al lateral derecho de la hoja vista desde el lado no expuesto al fuego, registra un incremento de temperatura superior a 180°C respecto a la inicial.
Integridad	Se mantiene la integridad durante todo el ensayo. 104 minutos.	

5.- CLASIFICACIÓN

De acuerdo con el apartado 7.5 de la norma UNE EN 13501-2:2009 + A1:2010 la clasificación del elemento ensayado es la siguiente:

Puerta metálica de una hoja corredera con referencia "CRF_90 –MEC MODELO VICTORIA" con las guías y mecanismos de cierre y apertura en la cara no expuesta al fuego.	EI₁ 45
	EI₂ 90



Nº Orden : 300622	Pedido : 116020279
Producto : PANEL HI-PIRM F 100 (junta FJ - clase 1)	

		HUURRE IBERICA S.A. Ctra. C-65 Km 16 Aptdo correos 71 17244 - Cassà de la Selva 10	
EN 14509 Panel aislante con caras metálicas para utilización en edificación. Utilización : Paredes y techos			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO			
Referencia : PANEL HI-PIRM F 100 (junta FJ - clase 1)		Espesor : 100 mm Aislamiento : PIR Densidad nominal : 40 kg/m³ Densidad aislamiento :	
Masa (Kg/m2) : 12,19			
Cara Exterior		Cara Interior	
Material :	ACERO S220 GD	Material :	ACERO S220 GD
Espesor :	0.50	Espesor :	0.50
Recubrimiento orgánico :	POLIESTER	Recubrimiento orgánico :	POLIESTER
Color :	1006PS	Color :	1006PS
Propiedades mecánicas			
Resistencia Tracción : 0,11 MPa Esfuerzo Cortante : 0,13 MPa Resistencia Reducida del esfuerzo cortante a largo plazo : 0,07 MPa Módulo Esfuerzo Cortante (Núcleo) : 2,41 MPa Resistencia a la compresión (Núcleo) : 0,12 MPa		Coefficiente de fluencia t = 2.000 h 2,4 t = 100.000 h 7	
Resistencia a la flexión en un vano		Resistencia a la flexión en un apoyo intermedio	
Flexión +	7,14 KNm/m	Flexión +	6,41 KNm/m
Flexión +, temperatura elevada	7,14 KNm/m	Flexión +, temperatura elevada	6,41 KNm/m
Flexión -	5,96 KNm/m	Flexión -	4,7 KNm/m
Flexión -, temperatura elevada	5,96 KNm/m	Flexión -, temperatura elevada	4,7 KNm/m
Tensión arrugamiento Cara Exterior		Cara Interior	
En vano :	178 MPa	En vano :	149 MPa
En vano temperatura elevada :	178 MPa	En vano temperatura elevada :	149 MPa
En el apoyo central :	160 MPa	En el apoyo central :	118 MPa
En el apoyo central Temperatura :	160 MPa	En el apoyo central Temperatura :	118 MPa
Otras características			
Comportamiento al fuego		Permeabilidad	
Reaccion al fuego : Bs1d0 todas las aplicaciones Resistencia al fuego : NPD Comportamiento al fuego exterior en : No aplica		Al agua : Clase A (1200Pa) Al aire : 0,013m3/h-m2 a 50 Pa Al vapor de agua : Impermeable	
		Otras	
Aislamiento térmico		Aislamiento acústico : NPD Durabilidad : Pasa DUR1	
Transmitancia térmica : 0,22 W/m²K			



Nº Orden : 300623	Pedido : 116020279
Producto : PANEL HI-PIRM F 150 (junta FJ - clase 1)	

		HUURRE IBERICA S.A. Ctra. C-65 Km 16 Aptdo correos 71 17244 - Cassà de la Selva 10	
EN 14509 Panel aislante con caras metálicas para utilización en edificación. Utilización : Paredes y techos			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO			
Referencia : PANEL HI-PIRM F 150 (junta FJ - clase 1)		Espesor : 150 mm Aislamiento : PIR Densidad nominal : 40 kg/m³ Densidad aislamiento :	
Masa (Kg/m2) : 14,19			
Cara Exterior		Cara Interior	
Material :	ACERO S220 GD	Material :	ACERO S220 GD
Espesor :	0.50	Espesor :	0.50
Recubrimiento orgánico :	POLIESTER	Recubrimiento orgánico :	POLIESTER
Color :	1006PS	Color :	1006PS
Propiedades mecánicas			
Resistencia Tracción : 0,06 MPa		Coefficiente de fluencia	
Esfuerzo Cortante : 0,07 MPa		t = 2.000 h	2,4
Resistencia Reducida del esfuerzo cortante a largo plazo : 0,04 MPa		t = 100.000 h	7
Módulo Esfuerzo Cortante (Núcleo) : 1,74 MPa			
Resistencia a la compresión (Núcleo) : 0,12 MPa			
Resistencia a la flexión en un vano		Resistencia a la flexión en un apoyo intermedio	
Flexión +	9,46 KNm/m	Flexión +	8,76 KNm/m
Flexión +, temperatura elevada	9,46 KNm/m	Flexión +, temperatura elevada	8,76 KNm/m
Flexión -	8,13 KNm/m	Flexión -	6,64 KNm/m
Flexión -, temperatura elevada	8,13 KNm/m	Flexión -, temperatura elevada	6,64 KNm/m
Tensión arrugamiento Cara Exterior		Cara Interior	
En vano :	163 MPa	En vano :	139 MPa
En vano temperatura elevada :	163 MPa	En vano temperatura elevada :	112 MPa
En el apoyo central :	150 MPa	En el apoyo central :	112 MPa
En el apoyo central Temperatura :	150 MPa	En el apoyo central Temperatura :	112 MPa
Otras características			
Comportamiento al fuego		Permeabilidad	
Reaccion al fuego : Bs1d0	todas las aplicaciones	Al agua : Clase A (1200Pa)	
Resistencia al fuego : NPD		Al aire : 0,013m3/h-m2 a 50 Pa	
Comportamiento al fuego exterior en	No aplica	Al vapor de agua : Impermeable	
Aislamiento térmico		Otras	
Transmitancia térmica :	0,15 W/m²K	Aislamiento acústico:	NPD
		Durabilidad :	Pasa DUR1



Nº Orden : 300624	Pedido : 116020279
Producto : PANEL HI-PIR F 200 (mec.20x120 - EI 60)	

		HURRE IBERICA S.A. Ctra. C-65 Km 16 Aptdo correos 71 17244 - Cassà de la Selva 10	
EN 14509 Panel aislante con caras metálicas para utilización en edificación. Utilización : Paredes y techos			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO			
Referencia : PANEL HI-PIR F 200 (mec.20x120 - EI 60)		Espesor : 200 mm Aislamiento : PIR Densidad nominal : 40 kg/m³ aislamiento :	
Masa (Kg/m2) : 16,19			
Cara Exterior		Cara Interior	
Material :	ACERO S220 GD	Material :	ACERO S220 GD
Espesor :	0.50	Espesor :	0.50
Recubrimiento orgánico :	POLIESTER	Recubrimiento orgánico :	POLIESTER
Color :	1006PS	Color :	1006PS
Propiedades mecánicas			
Resistencia Tracción : 0,06 MPa Esfuerzo Cortante : 0,07 MPa Resistencia Reducida del esfuerzo cortante a largo plazo : 0,04 MPa Módulo Esfuerzo Cortante (Núcleo) : 1,74 MPa Resistencia a la compresión (Núcleo) : 0,12 MPa		Coefficiente de fluencia	
		t = 2.000 h 2,4 t = 100.000 h 7	
Resistencia a la flexión en un vano		Resistencia a la flexión en un apoyo intermedio	
Flexión +	11,78 KNm/m	Flexión +	11,11 KNm/m
Flexión +, temperatura elevada	11,78 KNm/m	Flexión +, temperatura elevada	11,11 KNm/m
Flexión -	10,29 KNm/m	Flexión -	8,57 KNm/m
Flexión -, temperatura elevada	10,29 KNm/m	Flexión -, temperatura elevada	8,57 KNm/m
Tensión arrugamiento Cara Exterior		Cara Interior	
En vano :	147 MPa	En vano :	129 MPa
En vano temperatura elevada :	147 MPa	En vano temperatura elevada :	129 MPa
En el apoyo central :	139 MPa	En el apoyo central :	107 MPa
En el apoyo central Temperatura :	139 MPa	En el apoyo central Temperatura :	107 MPa
Otras características			
Comportamiento al fuego		Permeabilidad	
Reaccion al fuego : Bs1d0 todas las aplicaciones		Al agua : Clase A (1200Pa) Al aire : 0,013m3/h·m2 a 50 Pa Al vapor de agua : Impermeable	
Resistencia al fuego : EI60 (según cond Comportamiento al fuego exterior en No aplica		Otras	
Aislamiento térmico		Aislamiento acústico: NPD	
Transmitancia térmica :	0,11 W/m²K	Durabilidad :	Pasa DUR1



Nº Orden : 300625	Pedido : 116020279
Producto : PANEL HI-PIRM F 200 (junta FJ - clase 1)	

		HUURRE IBERICA S.A. Ctra. C-65 Km 16 Apto correos 71 17244 - Cassà de la Selva 10	
EN 14509 Panel aislante con caras metálicas para utilización en edificación. Utilización : Paredes y techos			
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO			
Referencia : PANEL HI-PIRM F 200 (junta FJ - clase 1)		Espesor : 200 mm Aislamiento : PIR Densidad nominal : 40 kg/m³ aislamiento :	
Masa (Kg/m2) : 16,19			
Cara Exterior		Cara Interior	
Material :	ACERO S220 GD	Material :	ACERO S220 GD
Espesor :	0.50	Espesor :	0.50
Recubrimiento orgánico :	POLIESTER	Recubrimiento orgánico :	POLIESTER
Color :	1006PS	Color :	1006PS
Propiedades mecánicas			
Resistencia Tracción : 0,06 MPa Esfuerzo Cortante : 0,07 MPa Resistencia Reducida del esfuerzo cortante a largo plazo : 0,04 MPa Módulo Esfuerzo Cortante (Núcleo) : 1,74 MPa Resistencia a la compresión (Núcleo) : 0,12 MPa		Coefficiente de fluencia	
		t = 2.000 h 2,4 t = 100.000 h 7	
Resistencia a la flexión en un vano		Resistencia a la flexión en un apoyo intermedio	
Flexión +	11,78 KNm/m	Flexión +	11,11 KNm/m
Flexión +, temperatura elevada	11,78 KNm/m	Flexión +, temperatura elevada	11,11 KNm/m
Flexión -	10,29 KNm/m	Flexión -	8,57 KNm/m
Flexión -, temperatura elevada	10,29 KNm/m	Flexión -, temperatura elevada	8,57 KNm/m
Tensión arrugamiento Cara Exterior		Cara Interior	
En vano :	147 MPa	En vano :	129 MPa
En vano temperatura elevada :	147 MPa	En vano temperatura elevada :	129 MPa
En el apoyo central :	139 MPa	En el apoyo central :	107 MPa
En el apoyo central Temperatura :	139 MPa	En el apoyo central Temperatura :	107 MPa
Otras características			
Comportamiento al fuego		Permeabilidad	
Reaccion al fuego :	Bs1d0 todas las aplicaciones	Al agua :	Clase A (1200Pa)
Resistencia al fuego :	NPD	Al aire :	0,013m3/h-m2 a 50 Pa
Comportamiento al fuego exterior en	No aplica	Al vapor de agua :	Impermeable
		Otras	
Aislamiento térmico		Aislamiento acústico: NPD	
Transmitancia térmica :	0,11 W/m²K	Durabilidad :	Pasa DUR1

De acuerdo con el procedimiento ensayo, muestran los siguientes resultados:

		Ref.: «FRANJA CORTAFUEGOS TECWOOL»
INTEGRIDAD	Tampón de algodón	121 (*) min.
	Llamas sostenidas	121 (*) min.
	Galga Ø: 6mm	121 (*) min.
	Galga Ø:25 mm	121 (*) min.
AISLAMIENTO	Temperatura media	121 (*) min.
	Temperatura máxima	121 (*) min.

(*) Se detiene el ensayo a petición del cliente.

RESUMEN DE RESULTADOS

	Ref.: «FRANJA CORTAFUEGOS TECWOOL»
INTEGRIDAD:	121 minutos
AISLAMIENTO:	121 minutos

NOTA: "Este informe de ensayo detalla el método de construcción, las condiciones de ensayo y los resultados obtenidos cuando un elemento de construcción específico como el descrito aquí ha sido ensayado siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE EN 1363-1:2000. Cualquier desviación significativa con respecto al tamaño, detalles de construcción, cargas, tensiones, límites de la muestra o extremos de ésta aparte de aquellos permitidos por el campo de aplicación directa de los resultados de ensayos especificados en el método de ensayo correspondiente no estará cubierta por este informe de ensayo".

10.- CLASIFICACIÓN

De acuerdo con el protocolo, el encuentro medianería/cubierta referenciado como «FRANJA CORTAFUEGOS TECWOOL» recibido en CIDEMCO el 7 de enero de 2009 recibe la siguiente clasificación:

CLASIFICACIÓN: EI 120

11.- CAMPO DE APLICACIÓN DIRECTA DE RESULTADOS DE ENSAYO

El campo de aplicación directa de los resultados de ensayo, se refiere a aquellos cambios que pueden efectuarse en la muestra de ensayo manteniendo la clasificación obtenida. Estos cambios pueden ser introducidos automáticamente sin necesidad, por parte del solicitante, de obtener, evaluación, cálculo o aprobaciones adicionales.

Tipo de franja:

No podrá cambiarse el tipo de franja utilizada.

Dimensiones de la franja:

Se podrá aumentar la longitud de la franja más allá de los 4 m siempre y cuando se repitan las condiciones de anclaje y sellado del borde fijo a lo largo de la misma.

En franjas integradas en cubierta o soportadas en la misma, se podrá aumentar el ancho de la franja un 20% siempre y cuando se dispongan de los anclajes adicionales de manera que el peso que soporta cada anclaje no se vea superado.

Soporte de la franja:

No podrá cambiarse el tipo de soporte de la franja.

La distancia entre correas (si se utiliza más de una en el ensayo para el soporte de la franja) podrá disminuirse pero no aumentarse.

Podrá aumentarse el número de fijaciones por metro lineal de la franja pero no disminuirse.

Inclinación de la franja:

Las inclinaciones permitidas en la práctica serán de 0° a 25°.

Anexo B: Tablas Epanet

El objeto de este anexo es reflejar los resultados del cálculo realizado con Epanet. Estas dos primeras tablas corresponden a los resultados de los rociadores de techo.

La primera de las tablas, muestra los valores de cálculo de los nudos, que representan los rociadores de techo más desfavorables que están abiertos en la cámara de congelados. El resto de nudos no se consideran importantes ya que los resultados en caso de ponerles una demanda serían iguales o mejores.

La cota en la que se sitúan estos nudos es a 12 m, altura del techo de las cámaras. Vemos como en la columna de presión todos los nudos superan la presión mínima de 0,5 bar que es el valor mínimo. De la misma forma los nudos superan los 112,5 lpm de demanda que marca la UNE como valor mínimo. La nomenclatura de identificación de los nudos es la de la ilustración 13.

ID Nudo	Demanda (LPM)	Presión (bar)
Conexión TD1	114,6	0,99
Conexión TD2	116,4	1,03
Conexión TD3	120,6	1,10
Conexión TD4	128,4	1,25
Conexión TD5	132,6	1,33
Conexión TD6	114,6	0,99
Conexión TD7	117,0	1,03
Conexión TD8	120,6	1,10
Conexión TD9	129,0	1,25
Conexión TD10	133,2	1,34
Conexión TD11	115,2	1,00
Conexión TD12	117,6	1,04
Conexión TD13	121,2	1,11
Conexión TD14	129,6	1,27
Conexión TD15	133,8	1,35
Conexión TD16	116,4	1,03
Conexión TD17	118,8	1,07
Conexión TD18	122,4	1,14
Conexión TD19	130,8	1,30
Conexión TD20	135,0	1,38
Conexión TD21	117,6	1,04
Conexión TD22	119,4	1,08
Conexión TD23	123,6	1,15
Conexión TD24	132,0	1,31
Conexión TD25	136,2	1,40
Conexión TD26	118,8	1,06
Conexión TD27	120,6	1,10
Conexión TD28	124,8	1,18
Conexión TD29	133,2	1,34
Conexión TD30	137,4	1,43
Conexión TD31	120,0	1,09
Conexión TD32	122,4	1,14

Conexión TD33	126,6	1,21
Conexión TD34	135,0	1,38
Conexión TD35	139,2	1,47
Conexión TD36	129,6	1,27
Conexión TD37	132,0	1,31

Tabla 110. Resultados nudos/rociadores más desfavorables cámaras

A continuación, se refleja los resultados de las tuberías que corresponden a las cámaras, pero únicamente por las que circula el agua que se han dejado abiertas para los rociadores desfavorables de la tabla anterior. La velocidad no es aconsejable que supere los 5 m/s.

ID Línea	Longitud (m)	DN (mm)	Velocidad (m/s)
Tubería T2	78,03	150,00	4,09
Tubería T7,1	1,75	65,00	1,17
Tubería T7,2	3,50	50,00	1,97
Tubería T7,3	3,50	40,00	3,16
Tubería T7,4	3,50	40,00	3,16
Tubería T7,5	3,50	32,00	2,12
Tubería T3	1285,00	125,00	0,33
Tubería T10	1285,00	125,00	5,52
Tubería T11	2,57	125,00	4,71
Tubería T12	2,57	125,00	3,91
Tubería T13	2,57	125,00	3,11
Tubería T14	2,57	100,00	3,53
Tubería T15	2,57	100,00	2,35
Tubería T14,1	1,75	65,00	2,74
Tubería T14,2	3,50	50,00	3,61
Tubería T14,3	3,50	40,00	4,25
Tubería T14,4	3,50	40,00	2,79
Tubería T14,5	3,50	32,00	1,87
Tubería T16	2,57	100,00	1,17
Tubería T13,1	1,75	65,00	2,74
Tubería T13,2	3,50	50,00	3,62
Tubería T13,3	3,50	40,00	4,26
Tubería T13,4	3,50	40,00	2,80
Tubería T13,5	3,50	32,00	1,88
Tubería T12,1	1,75	65,00	2,76
Tubería T12,2	3,50	50,00	3,64
Tubería T12,3	3,50	40,00	4,28
Tubería T12,4	3,50	40,00	2,81
Tubería T12,5	3,50	32,00	1,89
Tubería T11,1	1,75	32,00	2,79
Tubería T11,2	3,50	50,00	3,68
Tubería T11,3	3,50	40,00	4,33
Tubería T11,4	3,50	40,00	2,84
Tubería T11,5	3,50	32,00	1,91
Tubería T10,1	1,75	65,00	2,81

Tubería T10,2	3,50	50,00	3,70
Tubería T10,3	3,50	40,00	4,36
Tubería T10,4	3,50	40,00	2,86
Tubería T10,5	3,50	32,00	1,92
Tubería T9,1	1,75	65,00	2,84
Tubería T9,2	3,50	50,00	3,74
Tubería T9,3	3,50	40,00	4,40
Tubería T9,4	3,50	40,00	2,89
Tubería T9,5	3,50	32,00	1,94
Tubería T8,1	1,75	65,00	2,88
Tubería T8,2	3,50	50,00	3,80
Tubería T8,3	3,50	40,00	4,46
Tubería T8,4	3,50	40,00	2,93
Tubería T8,5	3,50	32,00	1,97

Tabla 111. Resultados tuberías cámaras

A continuación los resultado de las bocas de incendio más desfavorables que pueden estar abiertas. Vemos como el caudal mínimo (demanda) en las BIEs es superior al mínimo de 159,3 lpm y la presión se sitúa en valores entre el intervalo de 3,5 y 8,8 bar, que corresponden al límite inferior y superior de presión. La nomenclatura de la identificación de los nudos es la misma que en la ilustración 2.

ID Nudo	Demanda (LPM)	Presión (bar)
Conexión BIE6	206,40	5,74
Conexión BIE7	206,40	5,74
Depósito	-413,40	0,01

Tabla 112. Resultados nudos BIEs más desfavorables.

La siguiente tabla representa las tuberías del trazado de la red de BIEs, igualmente la nomenclatura corresponde con la de la ilustración 2. Se presentan los resultado correspondientes al diámetro y velocidad.

ID Línea	Diámetro (mm)	Velocidad (m/s)
Tubería 1	65,0	0,8
Tubería T6	65,0	1,9
Tubería T7	65,0	1,9
Tubería 5	50,0	1,7
Tubería 6	65,0	1,9
Tubería T15	50,0	1,6
Tubería 8	50,0	1,6
Tubería T2	65,0	0,0
Tubería T3	65,0	0,0
Tubería T4	65,0	0,0
Tubería T5	50,0	0,0
Tubería T8	50,0	0,0
Tubería T9	50,0	0,0
Tubería T11	50,0	1,6
Tubería T10	50,0	1,6
Tubería T12	50,0	0,0

Tubería T13	50,0	0,0
Tubería T14	50,0	0,0
Tubería 3	65,0	1,9

Tabla 113. Resultados tuberías red de BIEs

Ahora, se muestra los resultados de los nudos que equivalen a los rociadores tanto del muelle como del cargabaterías, ambos de riesgo ordinario. La identificación de los nudos se refleja en la ilustración 36. La demanda de todos los nudos más desfavorables supera el mínimo de 60 lpm y la presión no disminuye del límite de 0,35 bar como ya se ha comentado en el apartado correspondiente del capítulo 2.

ID Nudo	Demanda (LPM)	Presión (bar)
Conexión TD1	117,6	2,1
Conexión TD2	117,6	2,1
Conexión TD3	118,2	2,2
Conexión TD4	121,8	2,3
Conexión TD5	121,8	2,3
Conexión TD6	122,4	2,3
Conexión TD7	125,4	2,4
Conexión TD8	125,4	2,4
Conexión TD9	125,4	2,4
Conexión TD10	129,0	2,6
Conexión TD11	129,0	2,6
Conexión TD12	129,0	2,6
Conexión TD13	135,0	2,8
Conexión TD14	135,0	2,8
Conexión TD15	135,6	2,8
Conexión TD16	138,0	2,9
Conexión TD17	138,0	2,9
Conexión TD18	138,0	3,0

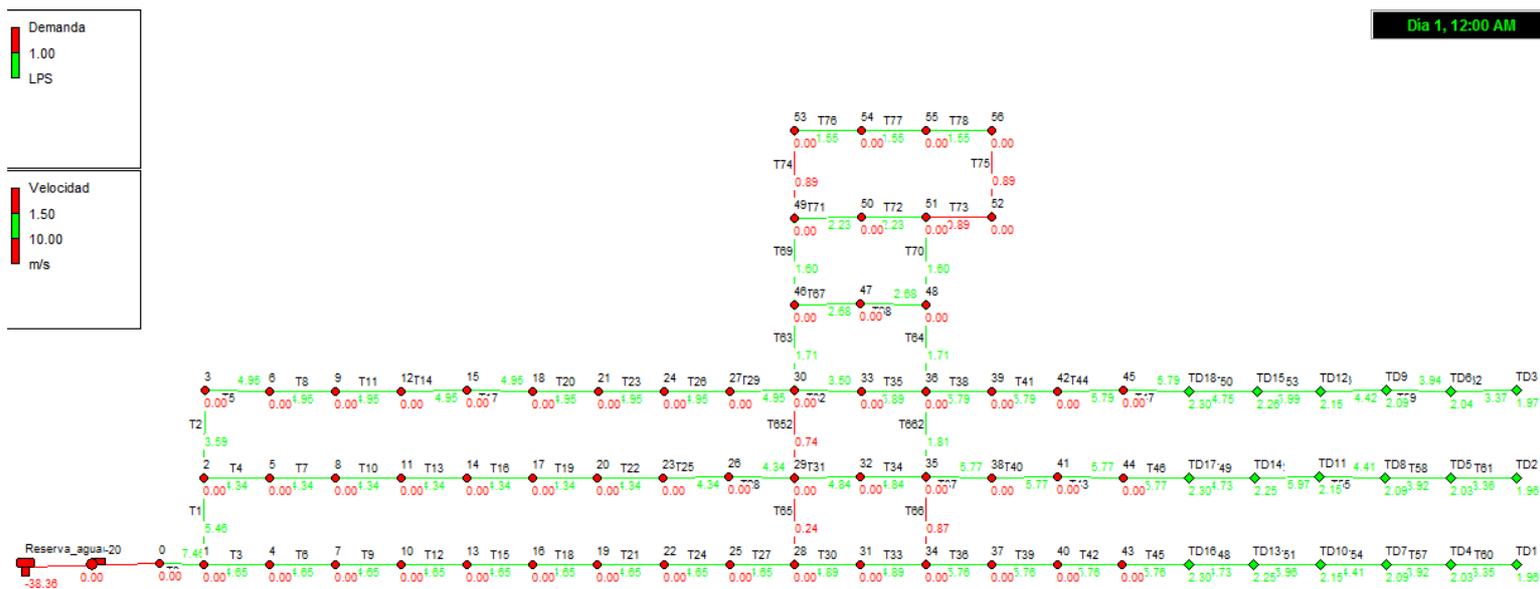


Ilustración 60. Cálculo Epanet rociadores desfavorables muelle

Por último, se presentan los resultados de las tuberías que abastecen los rociadores del muelle y el cargabaterías. Su nomenclatura es la de la ilustración 36. Igual que los anteriores casos los parámetros a destacar son la longitud, el diámetro nominal de las tuberías y la velocidad que se ha intentado mantener en valores inferiores a 10 m/s. Se recuerda que este conjunto de tuberías es independiente del de cámaras por ser de tubería mojada.

ID Línea	Longitud (m)	DN (mm)	Velocidad (m/s)
Tubería T1	4,0	80,0	5,5
Tubería T2	4,0	80,0	3,6
Tubería T3	3,0	50,0	4,7
Tubería T6	3,0	50,0	4,7
Tubería T9	3,0	50,0	4,7
Tubería T12	3,0	50,0	4,7
Tubería T15	3,0	50,0	4,7
Tubería T18	3,0	50,0	4,7
Tubería T21	3,0	50,0	4,7
Tubería T4	3,0	50,0	4,3
Tubería T7	3,0	50,0	4,3
Tubería T10	3,0	50,0	4,3
Tubería T13	3,0	50,0	4,3
Tubería T16	3,0	50,0	4,3
Tubería T19	3,0	50,0	4,3
Tubería T22	3,0	50,0	4,3
Tubería T5	3,0	65,0	5,0
Tubería T8	3,0	65,0	5,0
Tubería T11	3,0	65,0	5,0
Tubería T14	3,0	65,0	5,0
Tubería T17	3,0	65,0	5,0
Tubería T20	3,0	65,0	5,0
Tubería T23	3,0	65,0	5,0
Tubería T24	3,0	50,0	4,7
Tubería T27	3,0	50,0	4,7
Tubería T30	3,0	50,0	4,9
Tubería T33	3,0	50,0	4,9
Tubería T25	3,0	50,0	4,3
Tubería T26	3,0	65,0	5,0
Tubería T29	3,0	65,0	5,0
Tubería T32	3,0	65,0	3,5
Tubería T28	3,0	50,0	4,3
Tubería T31	3,0	50,0	4,8
Tubería T35	3,0	50,0	5,9
Tubería T34	3,0	50,0	4,8
Tubería T67	3,0	25,0	2,7
Tubería T68	3,0	25,0	2,7
Tubería T69	4,0	40,0	1,6
Tubería T36	3,0	50,0	5,8
Tubería T39	3,0	50,0	5,8

Tubería T42	3,0	50,0	5,8
Tubería T45	3,0	50,0	5,8
Tubería T48	3,0	50,0	4,7
Tubería T51	3,0	40,0	6,0
Tubería T54	3,0	40,0	4,4
Tubería T57	3,0	32,0	3,9
Tubería T60	3,0	25,0	3,4
Tubería T37	3,0	50,0	5,8
Tubería T40	3,0	50,0	5,8
Tubería T43	3,0	50,0	5,8
Tubería T46	3,0	50,0	5,8
Tubería T49	3,0	50,0	4,7
Tubería T52	3,0	40,0	6,0
Tubería T55	3,0	40,0	4,4
Tubería T58	3,0	32,0	3,9
Tubería T61	3,0	25,0	3,4
Tubería T38	3,0	50,0	5,8
Tubería T41	3,0	50,0	5,8
Tubería T44	3,0	50,0	5,8
Tubería T47	3,0	50,0	5,8
Tubería T50	3,0	50,0	4,8
Tubería T53	3,0	40,0	6,0
Tubería T56	3,0	40,0	4,4
Tubería T59	3,0	32,0	3,9
Tubería T62	3,0	25,0	3,4
Tubería T74	4,0	32,0	0,9
Tubería T70	4,0	40,0	1,6
Tubería T71	3,0	25,0	2,2
Tubería T72	3,0	25,0	2,2
Tubería T73	3,0	32,0	0,9
Tubería T76	3,0	25,0	1,6
Tubería T77	3,0	25,0	1,6
Tubería T78	3,0	25,0	1,6
Tubería T75	4,0	32,0	0,9
Tubería T0	25,0	80,0	7,5
Tubería T63	4,0	50,0	1,7
Tubería T64	4,0	50,0	1,7
Tubería T652	4,0	50,0	0,7
Tubería T65	4,0	50,0	0,2
Tubería T662	4,0	50,0	1,8
Tubería T66	4,0	50,0	0,9

Tabla 114. Resultados tuberías rociadores muelle.

Las tuberías y nudos que corresponden a los rociadores intermedios no se comprueban, ya que los más desfavorables son los rociadores de techo. La simultaneidad de los intermedios es tan solo de 9, lo que hace que las tuberías puedan ser perfectamente montadas en un DN 32.

Anexo fotográfico



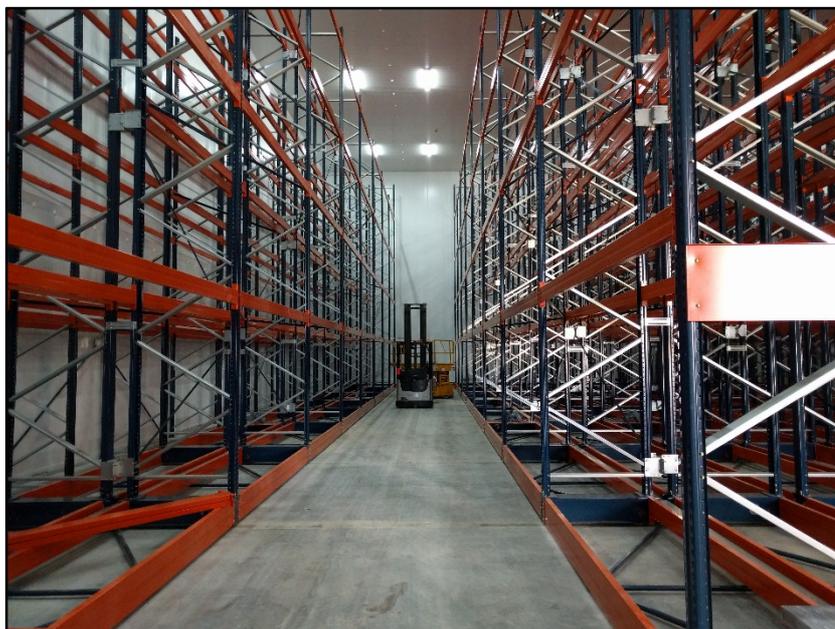
1. La imagen muestra la estructura al completo del establecimiento industrial a base de perfiles metálicos IPE y HEB y celosía tipo Warren con verticales para la zona de cámaras de congelados.



2. Forjados prefabricados de losa alveolar pretensada para el techo de sala de envasados en planta baja, cargabaterías y la zona de oficinas. Se puede observar también la cubierta ligera de panel tipo sándwich como se ha justificado en este documento.



3. En la imagen se muestra como un operario realiza la protección frente al fuego de la estructura mediante ignifugado proyectado de mortero de perlita y vermiculita en la zona del muelle de recepción/expedición.



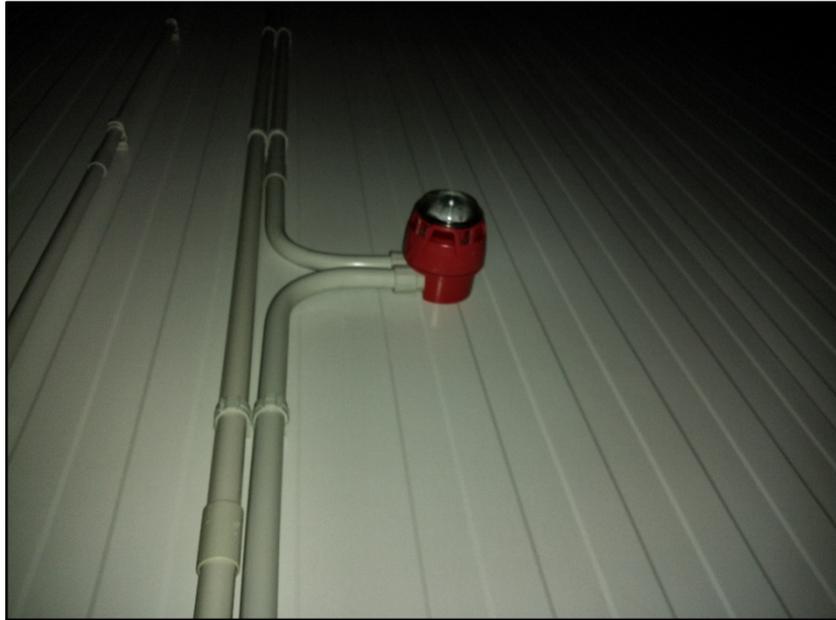
4. El almacenamiento de los alimentos congelados se caracteriza por ser de estanterías de estructura metálica y las cargas se elevan mediante operativa manual. La base de las estanterías será móvil por lo que la anchura de los pasillos será la resultante entre estos desplazamientos de las bases móviles. A través de éste entramado metálico se situarán los rociadores intermedios.



5. Se distribuye la tubería de 2 ½" de las bocas de incendio equipadas a través de la parte superior del techo de las cámaras, formando un anillo casi al completo y bajando a cada una de las BIEs en el encuentro con éstas.



6. Esta foto muestra un soporte de la zona del cargabaterías, el cual se ha golpeado por el tránsito de carretillas elevadoras desprendiendo así una parte del ignifugado de mortero perlita y vermiculita.



7. Sirena de alarma óptico acústica en el interior de las cámaras de congelados, situadas arriba de las puertas de emergencia traseras.



8. Luminaria de emergencia situada en la parte superior de las puertas de emergencia de las cámaras de congelados.



9. En la imagen se puede ver una arqueta situada en el interior del edificio de oficinas por donde entra la tubería de alimentación al edificio. El aljibe de incendios es alimentado directamente por una de éstas tuberías con DN 40.



10. Banda cortafuegos entre la zona de oficinas y la sala de envasados. Ésta no estará situada en ningún caso a una distancia mayor de 40 cm de la parte inferior de la cubierta.



11. Grupo diésel y eléctrico de presión contra incendios en un recinto independiente en la parte trasera de la parcela, junto al aljibe.



12. Boca de incendio equipada DN 45 mm en armario de fibra de vidrio especial para intemperie y ambientes corrosivos.



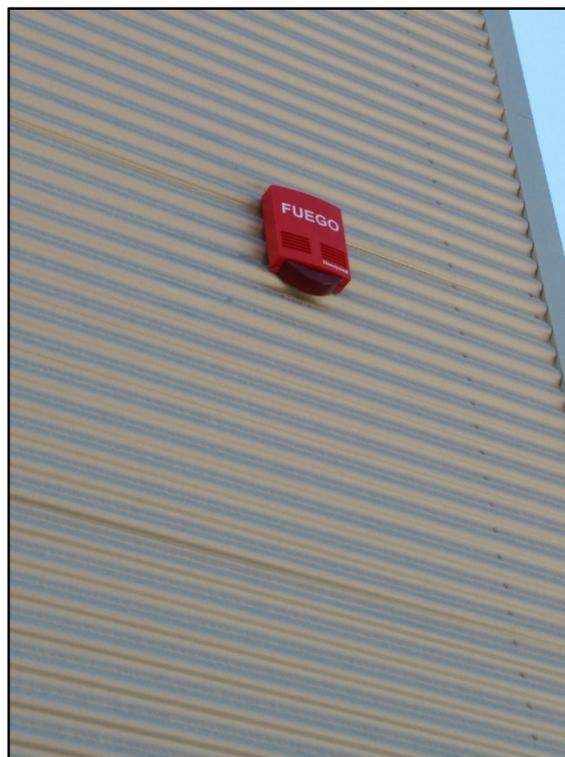
13. Extintor de 6 kg de polvo polivalente eficacia 27A 183B situado en el edificio de oficinas con la señalética correspondiente.



14. Central analógica de detección de incendios situada en edificio de oficinas dentro de la sala de control de las cámaras.



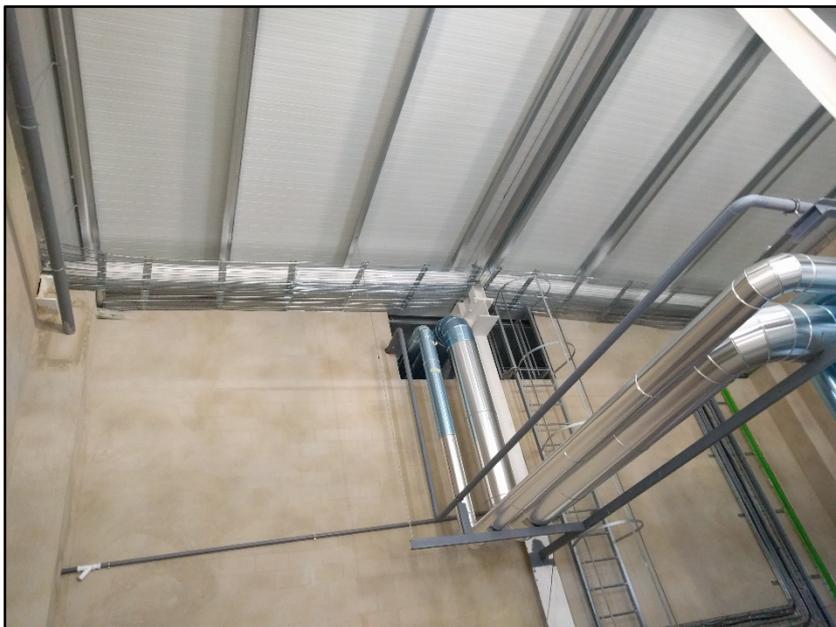
15. Barrera analógica de detección de humo por reflexión de haz de luz infrarroja para centrales analógicas. Justo en la parte opuesta hay un elemento reflector de 200 x 230 mm. Este detector es totalmente válido para distancias grandes como el muelle, hasta un máximo de 70 m.



16. Sirena óptico acústica exterior



17. Puerta de sectorización entre el sector 1 y el sector 3 de incendios. En la parte de arriba a su derecha se puede ver el electroimán que abrirá para dejar la puerta corredera cerrada e independizar ambos sectores en caso de incendio.



18. Banda cortafuegos situada en la sala de máquinas para sectorizar el sector 1 correspondiente a las cámaras de congelados del sector 2. Se cerrarán los huecos que conducen al techo de las cámaras con compuertas cortafuegos y sacos intumescentes.



19. Tuberías del sistema de detección por aspiración en el interior de las cámaras de congelados



20. En esta imagen se puede ver el sistema de detección de humo por aspiración en el exterior de las cámaras donde se recogen las muestra de aire aspirado de las cámaras. Se puede apreciar también a su izquierda un pulsador de detección manual de incendios.

Presupuesto

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO PCI INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS									
SUBCAPÍTULO 01 INSTALACIÓN EXTINTORES									
01.1	u Extintor polvo ABC 6 kg. EF 21A-113B Extintor portátil de polvo polivalente ABC y 6 kg. de capacidad con marcado CE, con una eficacia 27A 183B, fabricado en acero y protegido exteriormente con pintura epoxi de color rojo, agente impulsor N2, válvula de disparo rápido, manómetro extraíble y válvula de comprobación de presión interna, conforme a las especificaciones dispuestas en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.								
							38,00	23,40	889,20
01.2	u Extintor nieve carbónica 5 kg. EF 55B Extintor portátil de anhídrico carbónico CO2 y 5 kg. de capacidad con marcado CE, con una eficiencia 89B, fabricado en acero y protegido exteriormente con pintura epoxi de color rojo, válvula de disparo rápido, conforme a las especificaciones dispuestas en el Reglamento de Instalaciones de Protección con Incendios.								
							4,00	51,20	204,80
TOTAL SUBCAPÍTULO 01 INSTALACIÓN EXTINTORES								1.094,00	
SUBCAPÍTULO 02 INSTALACIÓN DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS									
02.1	u Boca Incendio Equipada WORKFIRE 45/AV 20m. Puerta con visor Compuesta por armario para superficie o empotrar de 450 x 600 x 130 mm puerta con visor, bisagras integradas y cerradura de resbalón de fácil apertura. Devanadera de radios. Válvula de asiento con manómetro. Lanza variomatic de triple efecto. Racores barcelona según UNE-23400 "Uso Ligero" y 20 m de manguera plana de 45 mm. Metacrilato incluido.								
							4,00	166,80	667,20
02.2	u Boca Incendio Equipada 45 mm 20 m en fibra. Intemperie Armario de fibra de vidrio de 775 x 750 x 200 mm puerta ciega, bisagras integradas y cierre rápido. Devanadera. Válvula de asiento con manómetro. Lanza variomatic de triple efecto, racores barcelona según UNE-23400 "Uso Ligero" y 20 m de manguera plana de 45 mm. Especial intemperie y ambientes corrosivos.								
							3,00	310,44	931,32
02.3	m MI. Tubo c/s DIN2440 2 1/2" pintado y ranurado MI. tubería de acero negro Din2.440 s.s de 2 1/2" con base de imprimación y acabado con rojo Ral 3.000, incluyendo sobre el coste la parte proporcional de accesorios, soportación, montaje y suministro.								
							112,20	26,93	3.021,55
02.4	m MI. Tubo c/s DIN2440 2" pintado y ranurado MI. tubería de acero negro Din2.440 s.s de 2" con base de imprimación y acabado con rojo Ral								

3.000, incluyendo sobre el coste la parte proporcional de accesorios, soportación, montaje y suministro.

		90,00	20,92	1.882,80
02.5	u Válvula de Mariposa FE/INOX/N DN50			
	Válvula de mariposa, DN-50 mm (2 1/2"), cuerpo en fundición nodular, eje en acero inoxidable, mariposa en fundición nodular, asiento en EPDM. Presión nominal PN 16. Con palanca, juntas de material plástico y tuercas de acero inoxidable, ambos de alta calidad resistentes a líquidos químicos y corrosivos (cloro y similares), de conexión embriada, preparada para colocar en tubería de abastecimiento de agua de acero galvanizado. Se considera incluidos los accesorios de montaje (bridas, juntas, tornillos acero AISI 316, etc...) y conexionado necesarios, con garantías de estanqueidad y durabilidad durante 10 años. Totalmente montada, probada y funcionando.			
		2,00	110,60	221,20
TOTAL SUBCAPÍTULO 02 INSTALACIÓN DE BOCAS DE.....				6.724,07

SUBCAPÍTULO 03 INSTALACIÓN DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS

03.1	u Rociador automático montante			
	Rociador automático montante, respuesta normal con ampolla fusible de vidrio frágil de 5 mm de diámetro y disolución alcohólica de color rojo, rotura a 68°C, de 1/2" DN 15 mm de diámetro de rosca, coeficiente de descarga K de 80 (métrico), presión de trabajo 12 bar, acabado color broce, según UNE-EN 12259-1.			
		1.020,00	17,1417	482,80
03.2	u Puesto de control de red de rociadores			
	Puesto de control de rociadores, de 2 1/2" DN 65mm de diámetro, unión roscada, formado por válvula de retención y alarma y trim de acero galvanizado. Incluso accesorios de mantenimiento del aire con válvula de descarga, compresor, alarma hidráulica y accesorios y piezas para conexión a red de distribución de aguas.			
		2,00	4.956,22	9.912,44
03.3	m Tubería acero galvanizado 1 1/4"			
		214,00	12,74	2.726,36
03.4	m Tubería acero galvanizado 1 1/2"			
		416,00	13,32	5.541,12
03.5	m Tubería acero galvanizado 2"			
		721,00	18,6313	432,23
03.6	m Tubería acero galvanizado 2 1/2"			
		126,00	20,03	2.523,78
03.7	m Tubería acero galvanizado 4"			
		61,66	40,49	2.496,61

03.8	m Tubería acero galvanizado 5"			
		71,96	54,04	3.888,72
03.9	m Tubería acero galvanizado 6"			
		78,03	61,42	4.792,60
03.10	m Tubería acero galvanizado 3"			
		25,00	25,62	640,50
03.11	m Tubería acero galvanizado 1"			
		24,00	9,54	228,96
TOTAL SUBCAPÍTULO 03 INSTALACIÓN DE ROCIADORES.....				63.666,12

SUBCAPÍTULO 04 SEÑALIZACIÓN

04.1	u Señal extintor polvo Cartel señalizador fotoluminiscente "EXTINTOR"			
		44,00	4,16	183,04
04.2	u Señal extintor CO2 Cartel señalizador fotoluminiscente "EXTINTOR CO2"			
		3,00	4,16	12,48
04.3	u Señal pulsador Cartel señalización fotoluminiscente "PULSADOR"			
		16,00	4,16	66,56
04.4	u Señal BIE Cartel señalización fotoluminiscente "PULSADOR"			
		7,00	4,16	29,12
TOTAL SUBCAPÍTULO 04 SEÑALIZACIÓN.....				291,20

SUBCAPÍTULO 05 INSTALACIÓN DE EVACUACIÓN DE HUMOS

05.1	u Aireadores de lamas Suministro y montaje de aireador de lamas de aluminio practicables COTTES mod. EURA EN500 HB ONG PB 180-013, con fusible térmico y brida adaptable sobre zócalo existente o bien directamente a cubierta sándwich.			
		7,00	2.193,02	15.351,14
05.2	u Realización de aberturas y remates perimetrales			

SUBCAPÍTULO 07 INSTALACIÓN DETECCIÓN DE INCENDIOS

07.1	u Central convencional de 8 zonas plus2 Central microprocesadora de detección de incendios de 8 zonas. Distingue entre alarma de detector o pulsador por zona. Hasta 32 detectores ECO1000 por zona. Incorpora fuente de alimentación de 2 salidas de sirenas supervisadas, relé general de alarma, relé general de avería, indicadores generales (fuego, avería, servicio, fallo CPU, desconexión general, en prueba, avería de circuito de sirenas), entrada digital para rearme remoto, retardos configurables, salida auxiliar 24V fija, salida 24 Vcc rearmable e indicadores de zona (alarma, avería, desconexión, prueba). Opcionalmente, permite conectar los siguientes módulos: hasta 3 tarjetas de 4 relés programables VSN-4REL, una tarjeta RS232 VSN-232, una tarjeta Ethernet IP TG-IP-1 y una tarjeta con comunicador telefónico VSN-CRA.	1,00	252,08	252,08
07.2	u Batería 12 VCD 7,2 AH. Alta capacidad. Especial alarmas Baterías AGM, diseñada para ofrecer altas descargas en periodos cortos de tiempo. Faston estrecho.	2,00	13,62	27,24
07.3	u Pulsador manual de alarma rearmable Pulsador manual de alarma rearmable de superficie de color rojo con tapa de protección incluida. Uso exclusivo en interiores. Incluye tres tipos de activación seleccionables: por diodo zener (para identificar como pulsador en zona de centrales Visión), por contacto NA/NC o por resistencia de 470 ohm.	16,00	31,84	509,44
07.4	u Sirena óptico acústica interior Sirena para interior de color rojo con indicador óptico. - Consumo (sonido y luz): 20 mA a 24V - Potencia acústica: 90 dB a 1 m - Número de tonos: 2 (seleccionables con CN4) - Grado de protección: IP54 - Cumple: EN54-3 - Certificado CPD: 0370-CPD-1074	8,00	45,09	360,72
07.5	u Sirena óptico acústica exterior Sirena óptico acústica exterior de color rojo. Opción de 3 ciclos de 1 minuto o activación continua.	1,00	82,38	82,38
07.6	m Cableado y conexionado 2x1,5 + PVC M25 Instalación eléctrica realizada con vista con manguera apantallada 2 x 1,5 mm ² no propagador de llama, resistencia al fuego cumple con UNE 20.432.1, aislamiento conductor polirtilmo sólido, pantalla de aluminio, cubierta exterior en goma acrílica color rojo, instalada bajo tubo de PVC rígido M25. Completamente conexionado incluso p.p. de elementos de sujección.	180,00	11,06	1.990,80
07.7	u Sistema de aspiración Sistema FFAST-LT de detección de humo por aspiración. El equipo incluye 1 detector láser de alta sensibilidad, un sensor de flujo por ultrasonido y electrónica protegida. Incluye tubería de muestreo así como los filtros necesarios para evitar que la condensación entre al equipo.			

07.8 **u** **Barrera analógica direccionable**
 Barrera analógica de detección de humo por reflexión de haz de luz infrarroja para centrales analógicas. Compuesta por emisor y receptor montados en la misma unidad y un elemento reflector. Incorpora compensación por suciedad, tres leds de estado y aislador de cortocircuito. Se incluye un reflector de 200 x 300 mm para distancias de 10 a 70m.

3,00 1.396,64 4.189,92

1,00 547,31 547,31

TOTAL SUBCAPÍTULO 07 INSTALACIÓN DETECCIÓN DE..... 7.959,89

SUBCAPÍTULO 08 MEDIOS DE ELEVACIÓN AUXILIARES

08.1 **u** **Medios de elevación auxiliares para ejecución de instalaciones**

1,00 1.080,00 1.080,00

TOTAL SUBCAPÍTULO 08 MEDIOS DE ELEVACIÓN 1.080,00

TOTAL CAPÍTULO PCI INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS..... 121.932,61

TOTAL 121.932,61

Conclusiones

Cada año, muchas edificaciones se ven involucradas en incendios, las personas mueren en algunos de los casos o se ven gravemente heridas. El número de víctimas mortales en España ha disminuido año tras año desde 1980 y sitúa a nuestro país con una de las tasas más bajas de víctimas.

El grupo de edad más perjudicado son los mayores de 65 años, que sigue siendo el segmento de edad más vulnerable en caso de incendio como se puede ver en el siguiente gráfico.

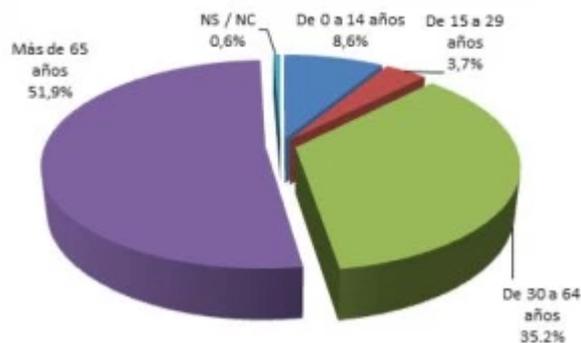


Ilustración 61. Víctimas mortales por grupos de edad en % en 2014 (Fuente: Fundación MAPFRE)

Es importante conocer el lugar donde se producen con mayor frecuencia los incendios con víctimas mortales, como se muestra a continuación en la ilustración.

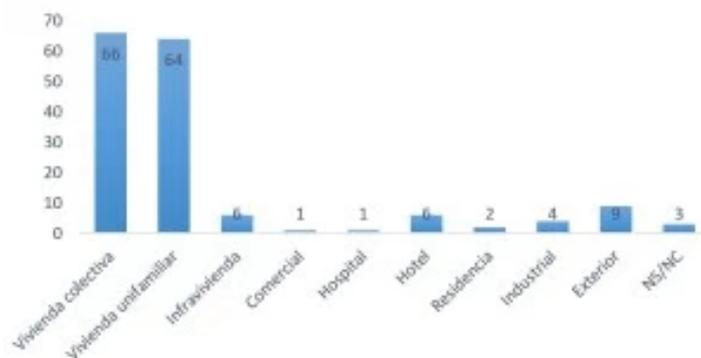


Ilustración 62. Víctimas mortales por uso en 2014 (Fuente: Fundación MAPFRE)

La mayor parte de las víctimas mortales en incendios se producen en las viviendas, aunque no por ello se ha de minorar las medidas de seguridad en entornos industriales como el que se ha llevado a cabo en este trabajo.

Además de las pérdidas humanas, los incendios generan considerables pérdidas económicas (daños materiales, pérdida de la actividad, primas de seguros, etc) y todavía más clarificadas se ven éstas pérdidas en establecimientos destinados a almacenar mercancías en su interior. Un ejemplo de ello, fueron los 70 grandes incendios industriales en Reino Unido que costaron más de 275 millones de libras (Fuente: Gobierno del Reino Unido: Incendios en el hogar 2000 BCS).

Teniendo muy en cuenta todo lo anterior, y con la intención de mejorar estas estadísticas, se decide realizar un trabajo en el que se analice una situación de incendio en un establecimiento agroindustrial, con la peculiaridad de disponer espacios con temperatura distinta de la temperatura ambiente.

Uno de los objetivos principales de este trabajo ha sido el diseño de un establecimiento que recoja todas las medidas de seguridad y limitar el riesgo de que se produzca un incendio sin perjudicar a la funcionalidad para la que está destinado, contemplando en cada uno de los espacios su geometría, superficie, proceso de almacenaje y maquinaria que va a contener, entre otros aspectos. De todo ello depende en gran medida la seguridad ante un incendio de la actividad que se está ejerciendo. Caracterizar el establecimiento en relación a su seguridad es parte importante del trabajo.

Establecer los requisitos constructivos según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco implica el conocer el comportamiento de los materiales ante una situación de incendio y así poder valorar cuál es la mejor opción y disposición para obtener el máximo rendimiento al material y no propiciar el inicio de un fuego.

Fundamental y uno de los objetivos del trabajo una vez caracterizado y conocido el riesgo de cada sector, es establecer y conocer todos los elementos que formarán la instalación de protección contra incendios. BIEs, detectores manuales y automáticos, rociadores, sirenas y señalética son algunos de estos elementos que se contemplado.

El diseño y cálculo del sistema de abastecimiento de agua para dar servicio en condiciones aceptables tanto a BIEs como a rociadores automáticos de agua y en general a los sistemas de extinción junto con extintores y detectores formarán la protección activa de la instalación. Un adecuado cálculo y posición de todos estos elementos serán garantía de poder mitigar el fuego con mayor éxito.

En el trabajo se ha realizado una simulación de incendios, cuyo objetivo era conocer en detalle como podría ser un supuesto incendio en la zona con mayor riesgo del establecimiento, el compuesto por el sector 1. De esta manera, poder diseñar un sistema de control de temperatura y evacuación de humos con el principal propósito de proteger la vida de las personas y evitar que el incendio no se propague al resto del establecimiento, ya que como se ha comentado los costes económicos por incendio en estos lugares es muy importante. Comprobar que las operarios evacuan antes de que el humo llegue hasta una cota de 2,50 m es una prioridad que se establece para la seguridad, ya que podría reducir la visibilidad y por lo tanto las opciones de llegar hasta una salida de planta y mucho más importante evitar la inhalación de humo tóxico que es el causante de muchas de las víctimas ante un incendio.

Para completar los objetivos más importantes que se han llevado a cabo en este documento, cabe mencionar el análisis de la transmisión de calor en los distintos materiales que se han empleado en el conjunto del edificio. Calcular analíticamente la resistencia al fuego de los elementos estructurales tanto de acero como de hormigón, nos permitirá conocer la temperatura crítica y prever el tiempo del fallo estructural por colapso. Para ello se han empleado modelos de incendio como la curva standard ISO 834 o incluso datos aportados por la simulación, ya que el software empleado nos proporciona la temperatura del aire en todo momento durante el transcurso del incendio. Estudiar y comparar la resistencia al fuego con el Eurocódigo 3 y el procedimiento simple del CTE así como aplicar el Eurocódigo 2, CTE y EHE-8 para determinar la resistencia al fuego de los elementos de hormigón también es un propósito de los que se ha llevado a cabo en el presente trabajo.

Analizado el comportamiento al fuego de la estructura por los diferentes métodos se ha estudiado la posible mejora de la resistencia al fuego implementando distintos métodos de protección pasiva.

Por último y no menos importante, es valorar económicamente y tener un orden de magnitud del costo que supone realizar una instalación de esta envergadura.

Todos estos objetivos que se han descrito se han visto desarrollados ampliamente a lo largo de este trabajo de la forma más precisa posible en los distintos capítulos.

Ahora ya de un modo personal, tengo que valorar el esfuerzo que he realizado durante estos largos 6 meses para redactar este trabajo fin de master, que me ha hecho sumergirme en un tema realmente preocupante y

donde la toma de decisiones influye y mucho en la vida las personas. Al realizar este tema con empresa, he podido observar y comprender totalmente la ejecución y montaje de la instalación contra incendios y así poder tanto consolidar como ampliar el conocimiento que he ido reflejando a lo largo del trabajo. La experiencia personal creo que ha sido gratificante al poder aplicar todo lo que me han enseñado e incluso aportar y aprender otras por cuenta propia.

Para el trabajo se han aplicado multitud de las lecciones que se han desarrollado durante el transcurso del master como pueden ser asignaturas de resistencia al fuego de las estructuras, instalaciones de fluidos, gestión de proyectos y nociones de física como la termodinámica aplicada en materiales de construcción y mecánica de las estructuras.

Equivalencias

1 atmosfera = 1,01325 bar

1 bar = 1,01972 kg/cm²

1 kW = 1,34102 CV

1 bar = 100.000 Pa

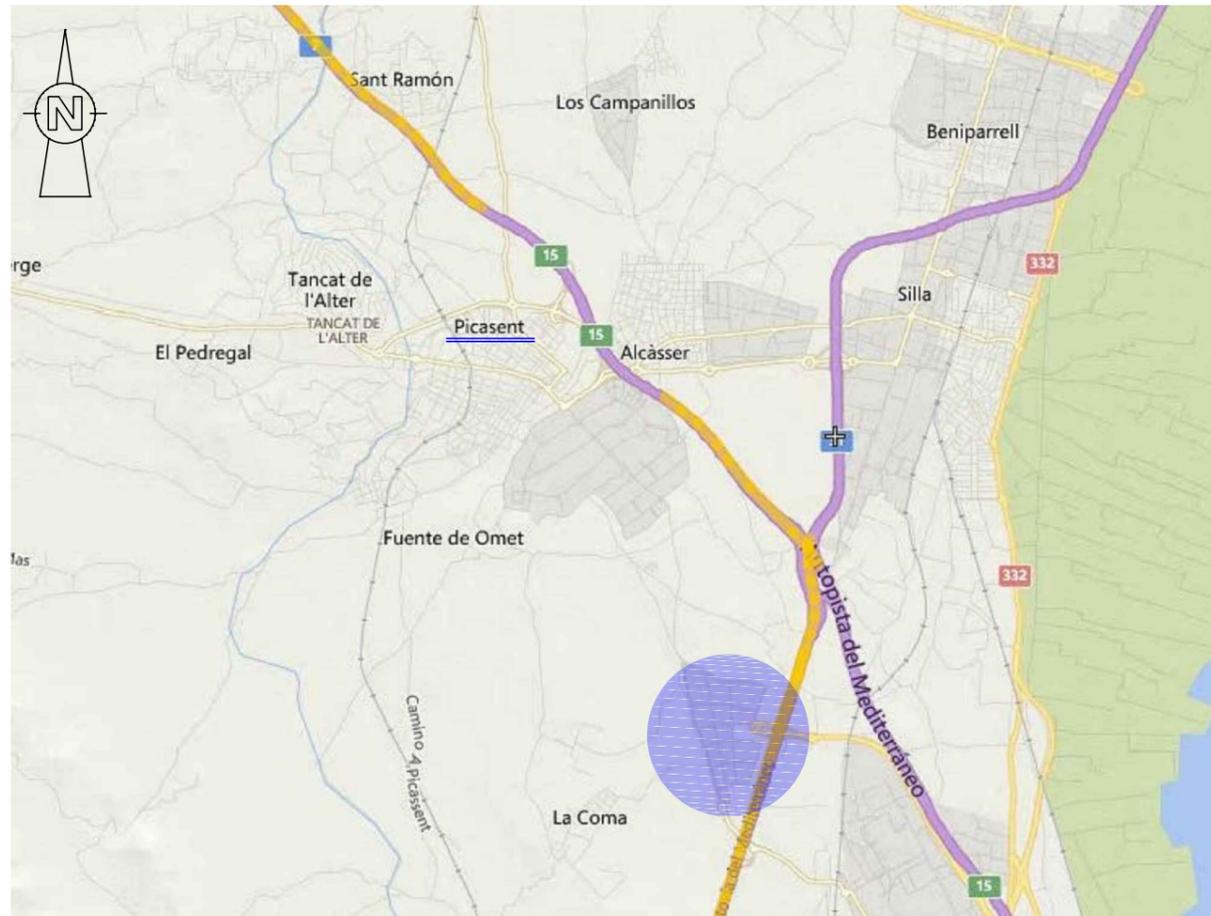
1 mca = 0,098 bar

1 Mcal = 4,184 MJ

1 CV = 746 W

1 kJ = 0,27 W

PLANOS



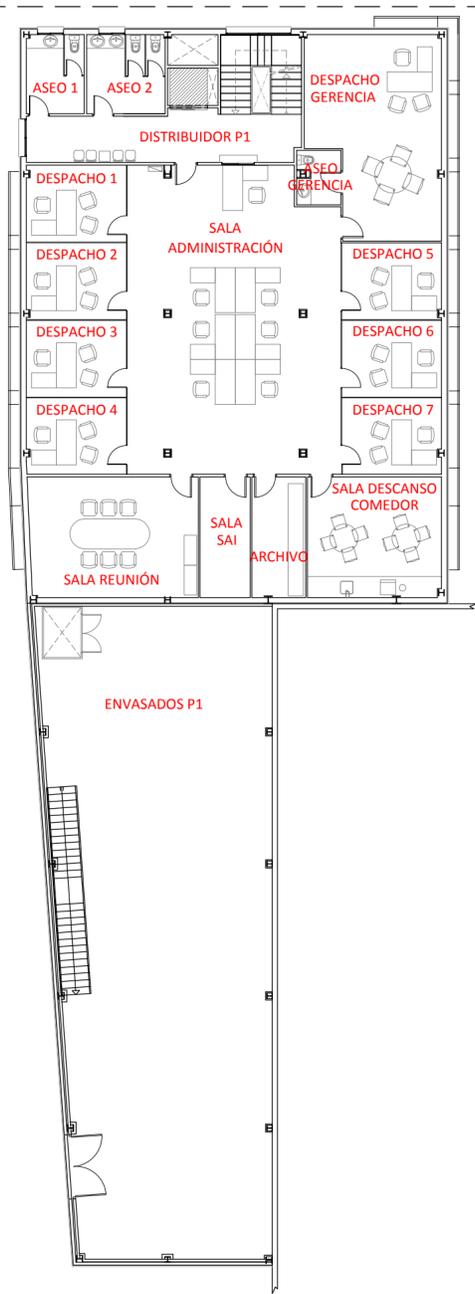
SITUACIÓN



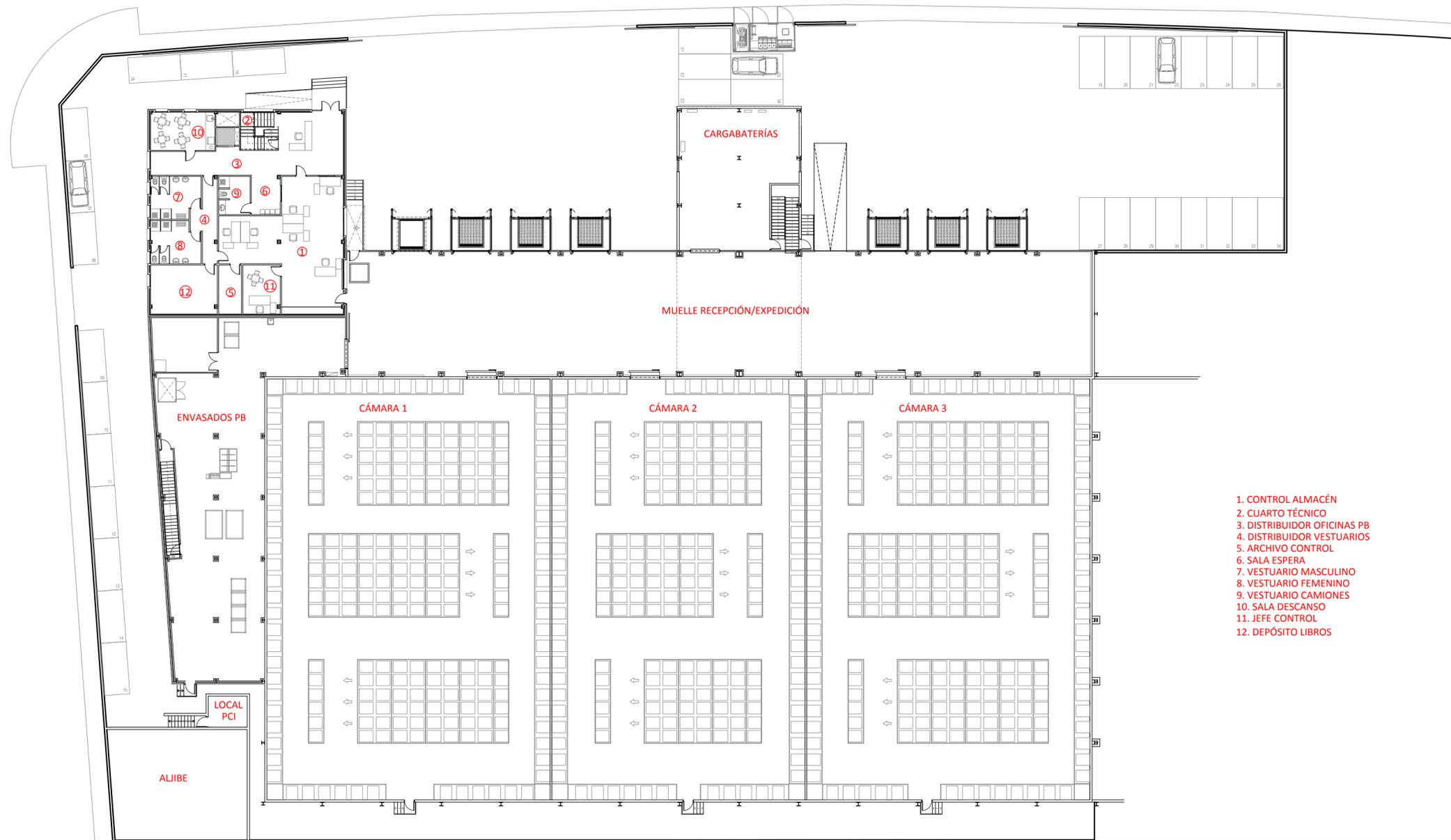
EMPLAZAMIENTO



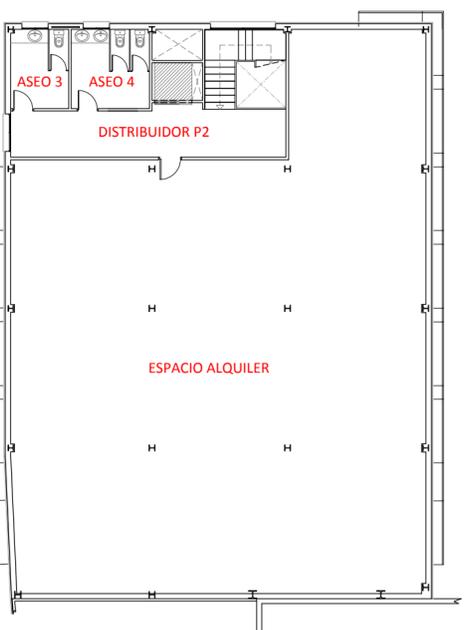
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
				PLANO Nº: 01	ESCALA: s/e
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA				DENOMINACIÓN: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	
				FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



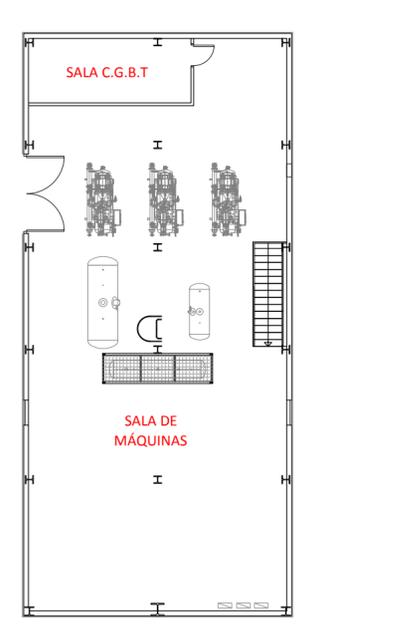
DETALLE EDIFICIO. PLANTA PRIMERA
Escala. E: 1/200



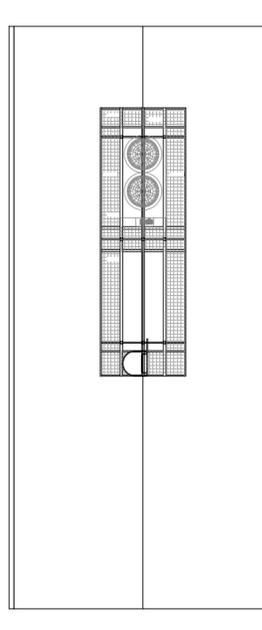
- 1. CONTROL ALMACÉN
- 2. CUARTO TÉCNICO
- 3. DISTRIBUIDOR OFICINAS PB
- 4. DISTRIBUIDOR VESTUARIOS
- 5. ARCHIVO CONTROL
- 6. SALA ESPERA
- 7. VESTUARIO MASCULINO
- 8. VESTUARIO FEMENINO
- 9. VESTUARIO CAMIONES
- 10. SALA DESCANSO
- 11. JEFE CONTROL
- 12. DEPÓSITO LIBROS



DETALLE EDIFICIO. PLANTA SEGUNDA
Escala. E: 1/200

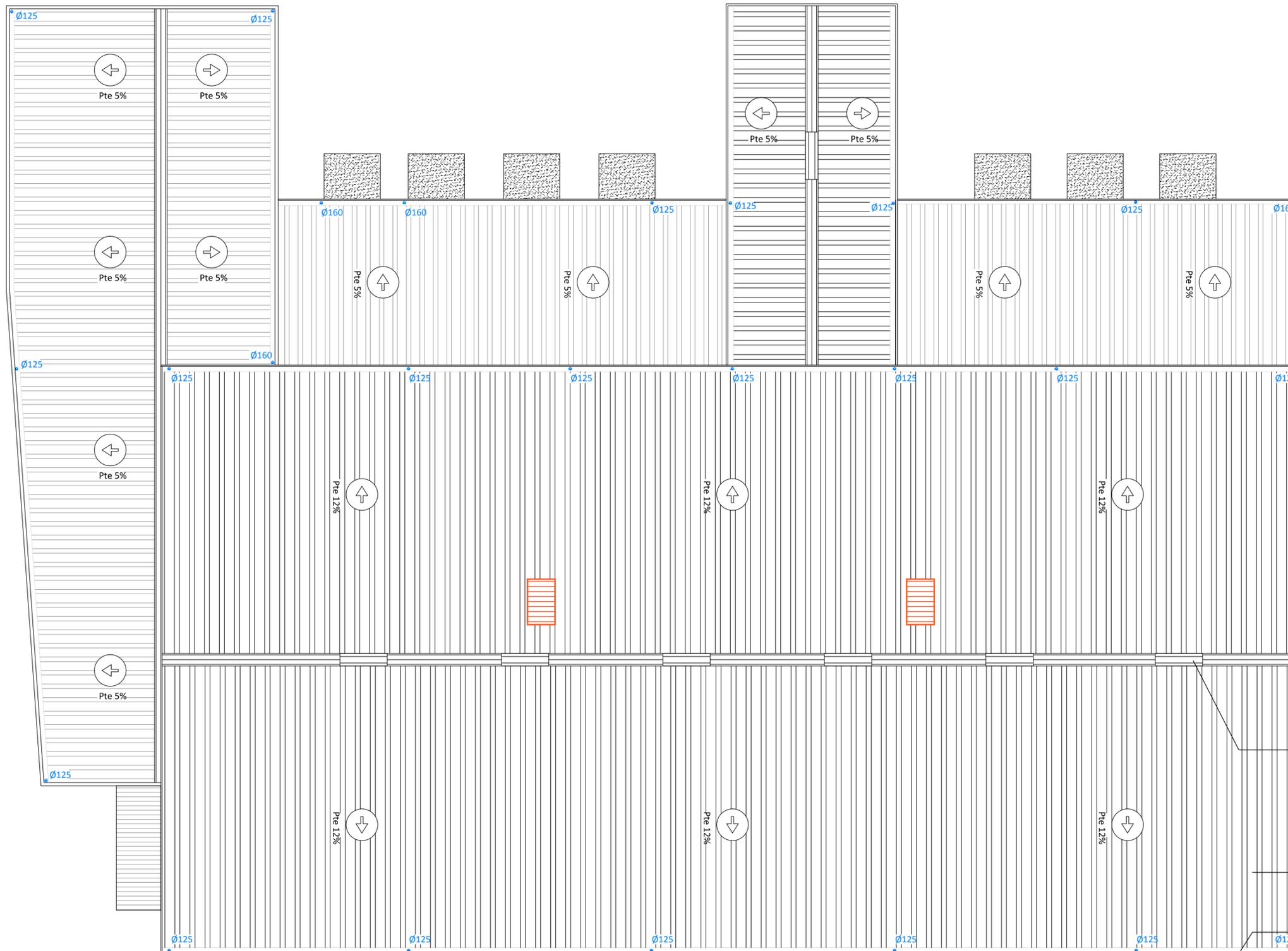


DETALLE SALA DE MÁQUINAS. PLANTA PRIMERA
Escala. E: 1/200



DETALLE CUBIERTA SALA DE MÁQUINAS
Escala. E: 1/200

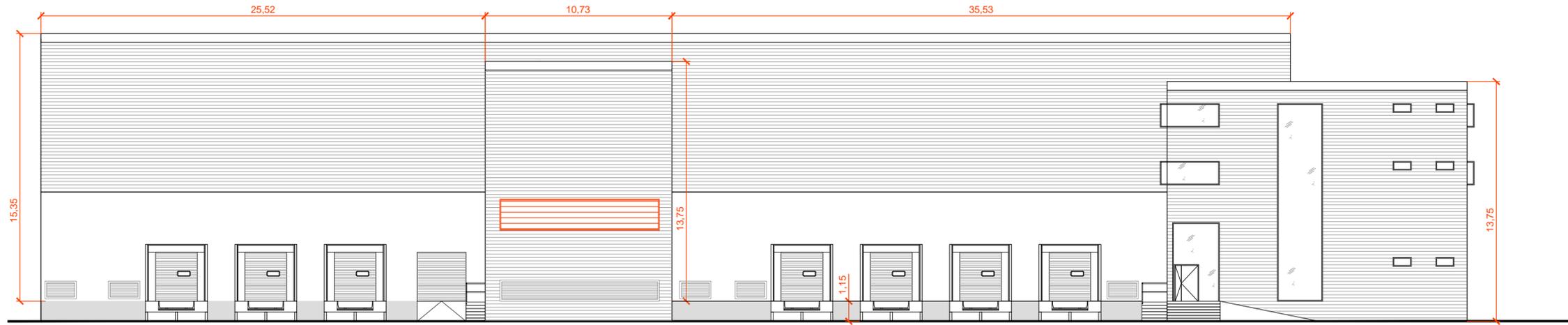
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO
		PLANO Nº: 02
		ESCALA: 1/300
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: PLANTA DE DISTRIBUCIÓN
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016



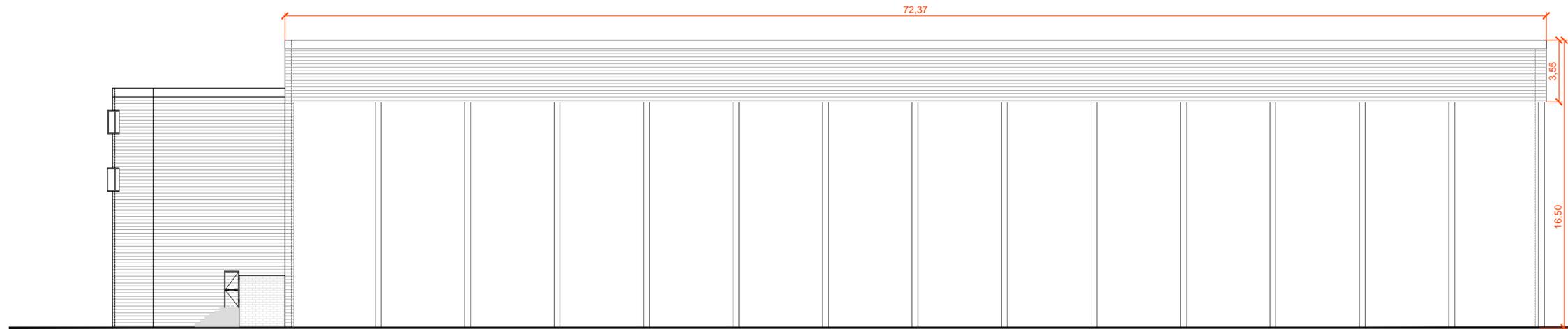
LEYENDA	
	AIREADOR MOD. EURA 180-13 HB, COTTES
	BAJANTE PLUVIAL

- REMATE CHAPA CUMBRERA
espesor 0,6mm. - desarrollo 50cm.
- AIREADOR ESTÁTICO CUBIERTA
3m. longitud - 50cm. garganta
- AIREADOR ESTÁTICO CUBIERTA
3m. longitud - 50cm. garganta
- REMATE SUPERIOR CHAPA
espesor 0,8mm.
- CANALÓN AISLADO
80mm. espesor - 100cm. desarrollo

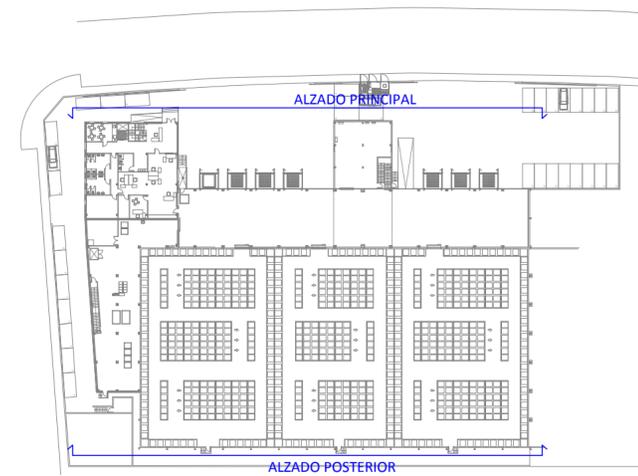
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 03	ESCALA: 1/200
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: CUBIERTA	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



ALZADO PRINCIPAL



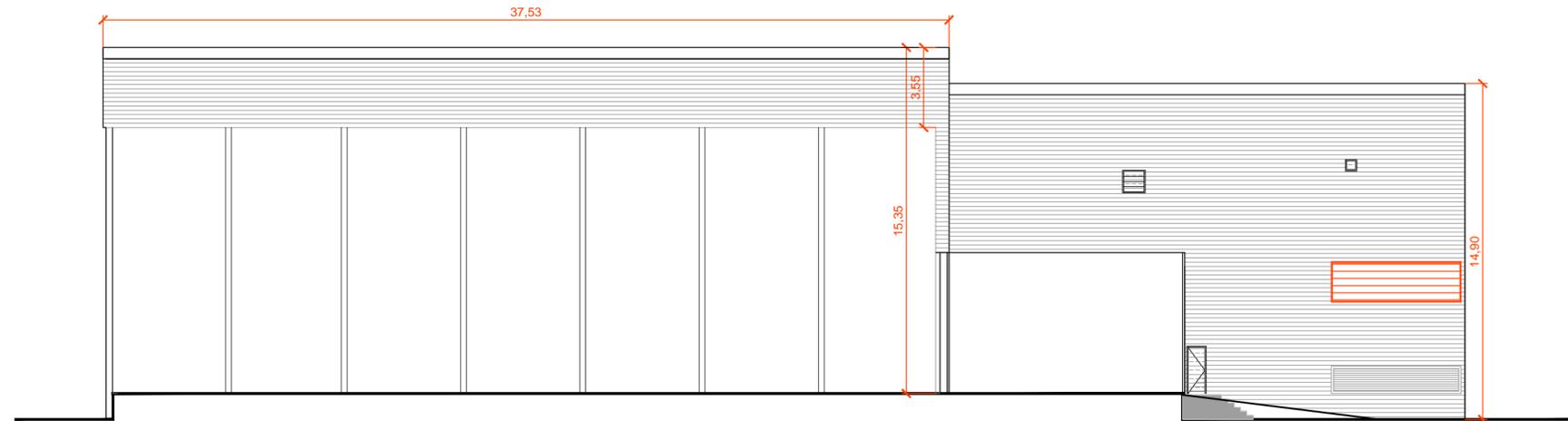
ALZADO POSTERIOR



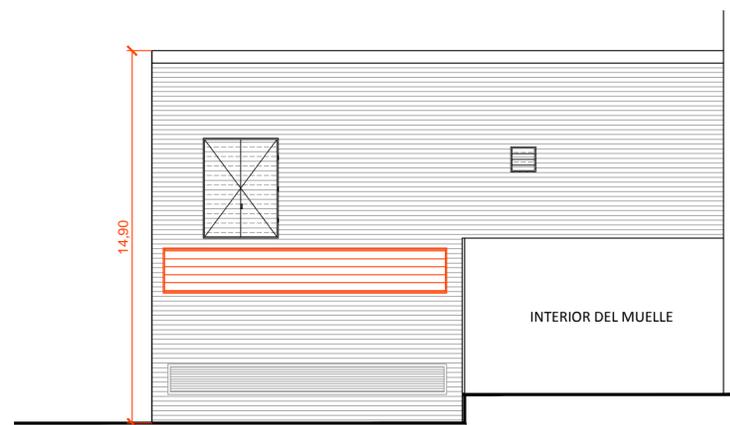
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 04.1	ESCALA: 1/200
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: ALZADOS PRINCIPAL Y POSTERIOR	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



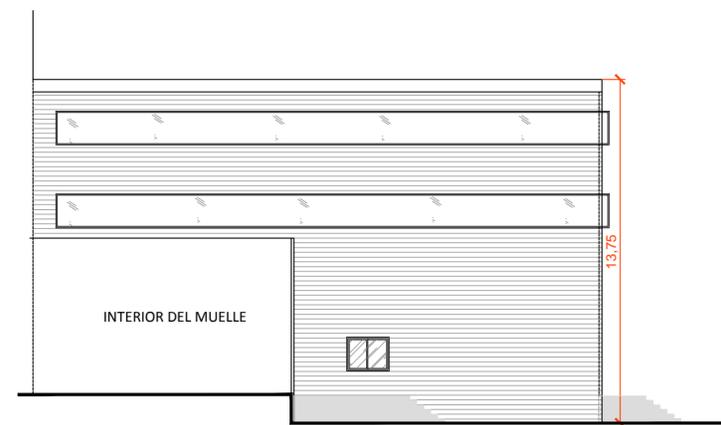
ALZADO LATERAL DERECHO



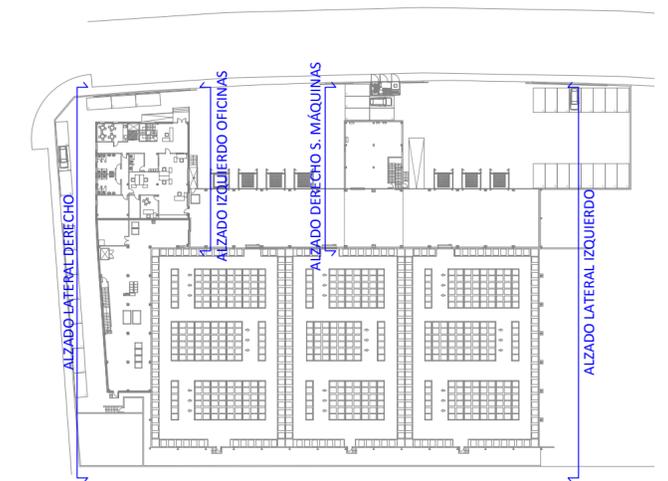
ALZADO LATERAL IZQUIERDO



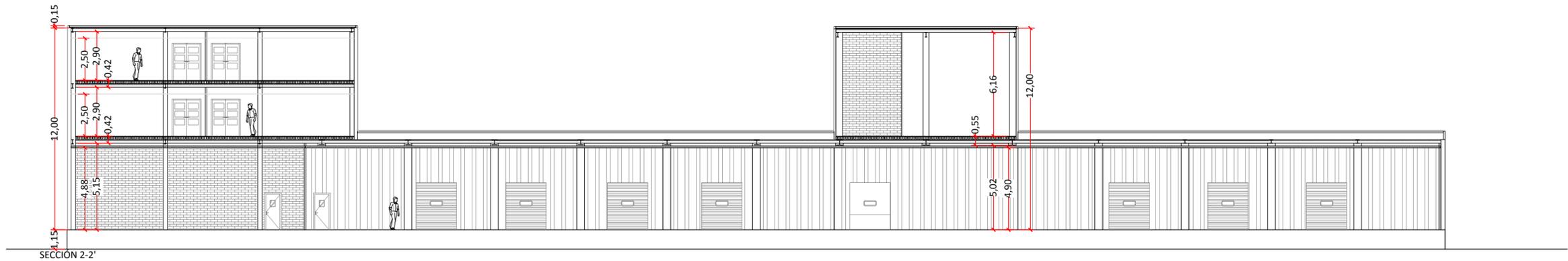
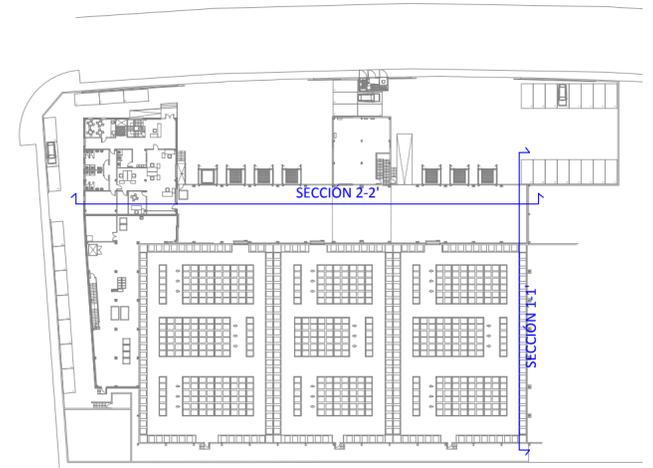
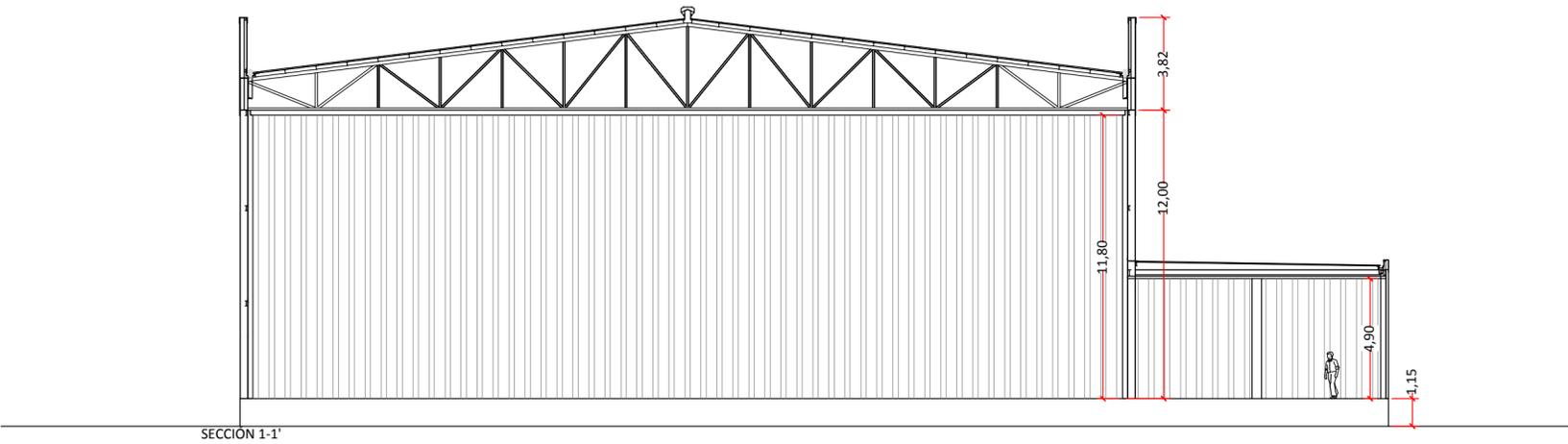
ALZADO DERECHO CARGABATERÍAS Y SALA DE MÁQUINAS



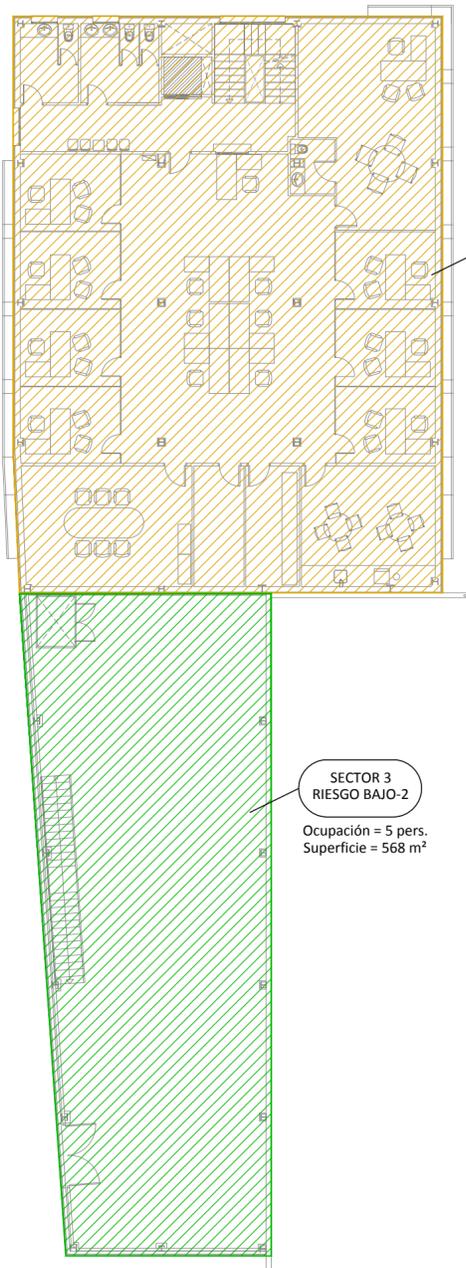
ALZADO IZQUIERDO EDIFICIO OFICINAS



PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 04.2	ESCALA: 1/200		
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA				DENOMINACIÓN: ALZADOS LATERALES	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		FECHA: SEPTIEMBRE 2016



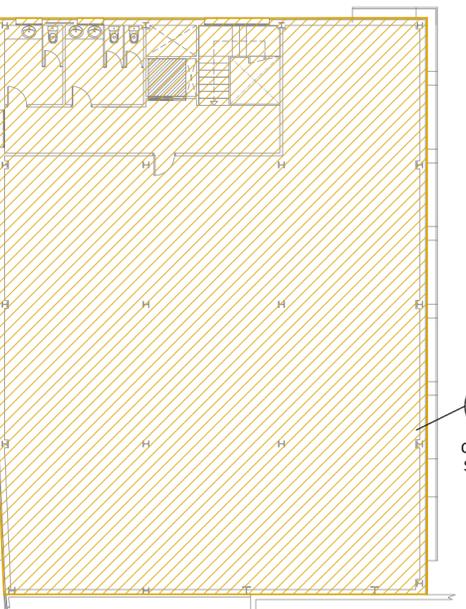
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 05	ESCALA: 1/200
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: SECCIONES	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



**SECTOR 4
USO ADMIN.**
Ocupación = 161 pers.
Superficie = 1.105 m²

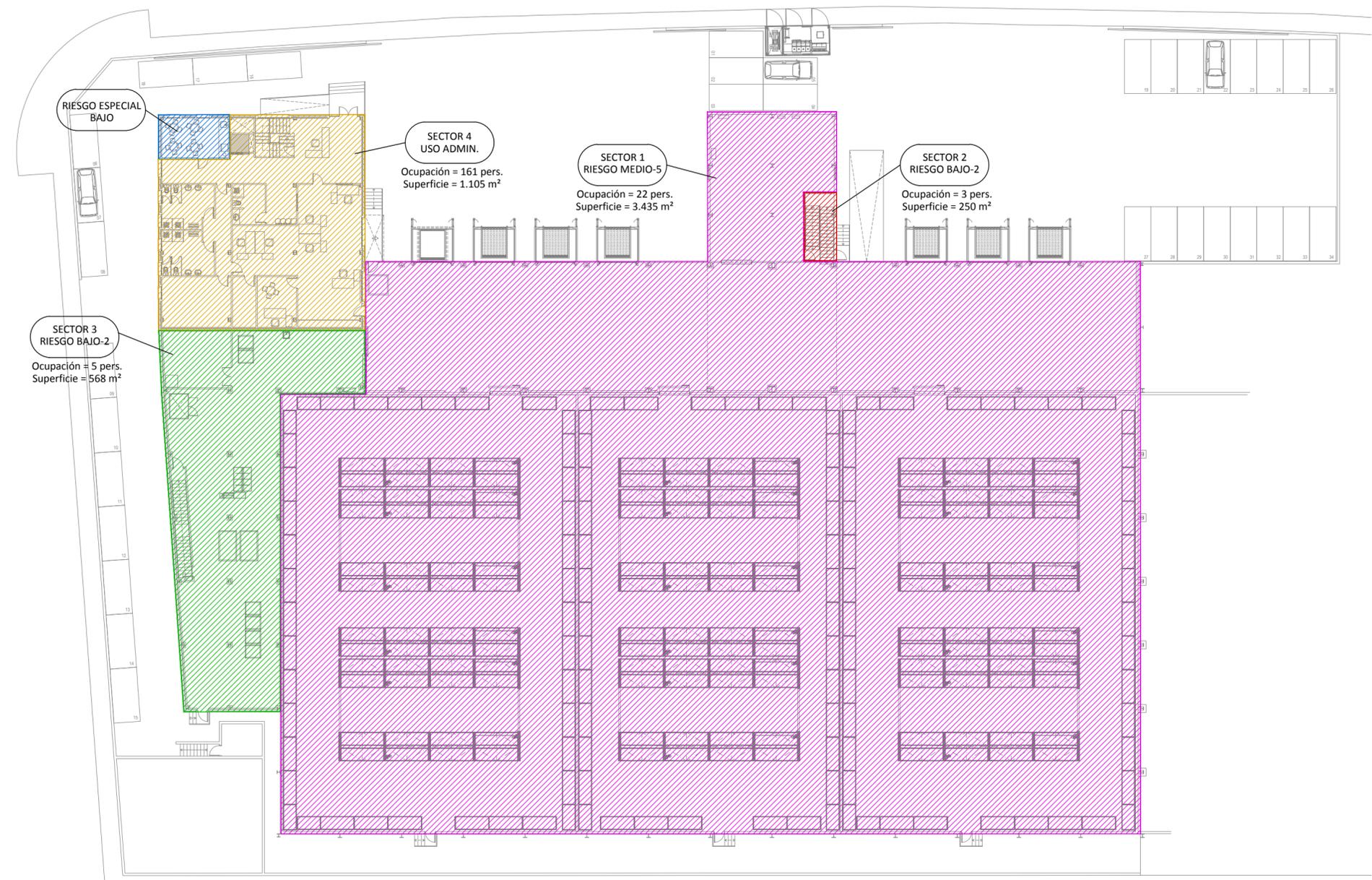
**SECTOR 3
RIESGO BAJO-2**
Ocupación = 5 pers.
Superficie = 568 m²

DETALLE EDIFICIO. PLANTA PRIMERA
Escala. E: 1/200



**SECTOR 4
USO ADMIN.**
Ocupación = 161 pers.
Superficie = 1.105 m²

DETALLE EDIFICIO. PLANTA SEGUNDA
Escala. E: 1/200



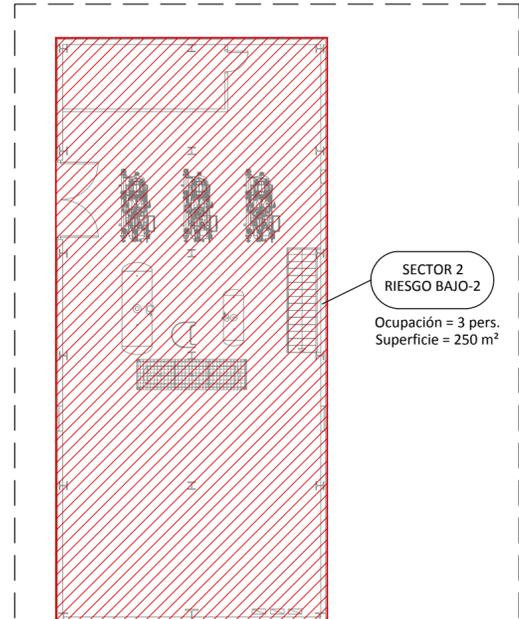
**RIESGO ESPECIAL
BAJO**

**SECTOR 4
USO ADMIN.**
Ocupación = 161 pers.
Superficie = 1.105 m²

**SECTOR 1
RIESGO MEDIO-5**
Ocupación = 22 pers.
Superficie = 3.435 m²

**SECTOR 2
RIESGO BAJO-2**
Ocupación = 3 pers.
Superficie = 250 m²

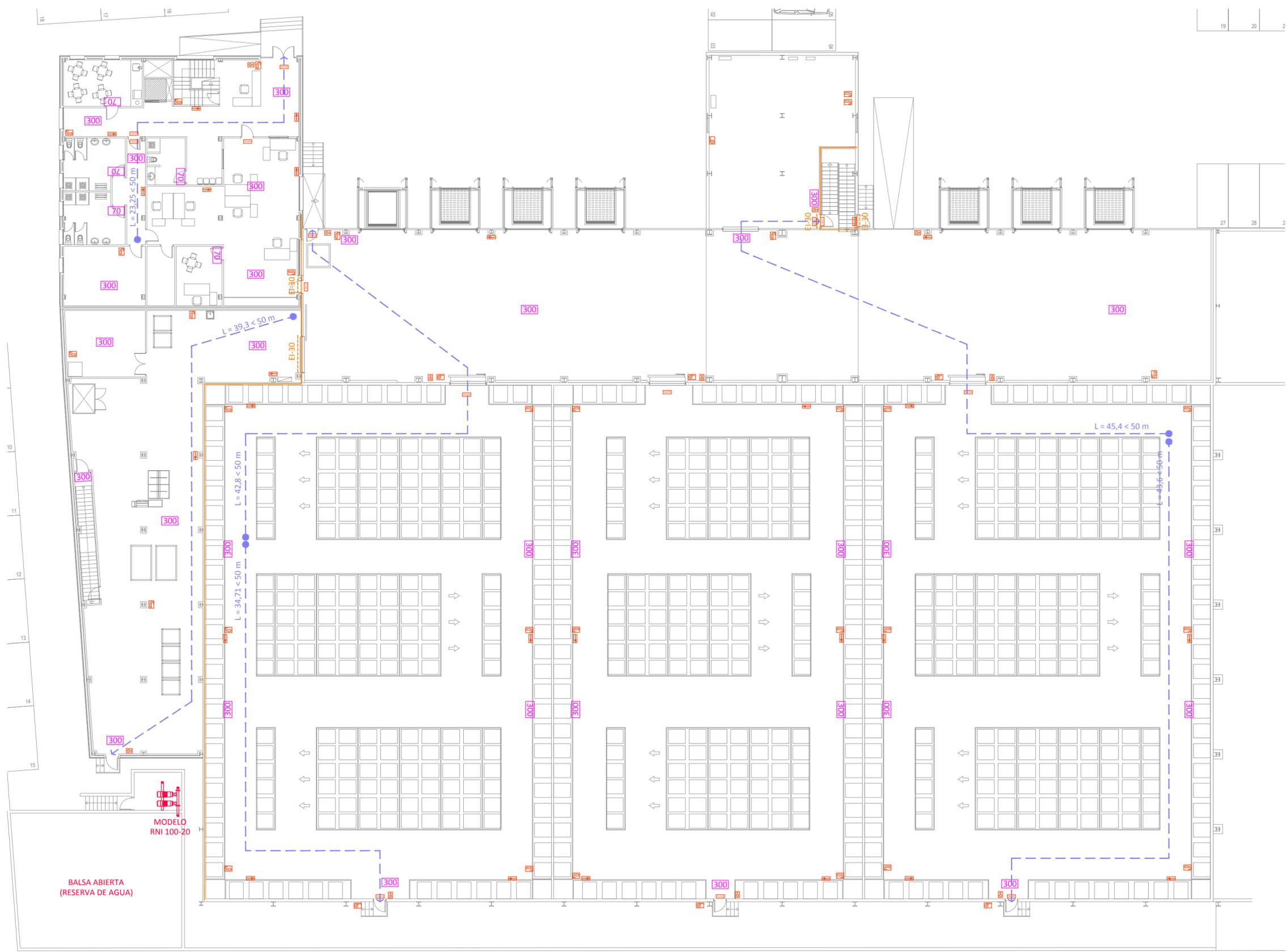
**SECTOR 3
RIESGO BAJO-2**
Ocupación = 5 pers.
Superficie = 568 m²



**SECTOR 2
RIESGO BAJO-2**
Ocupación = 3 pers.
Superficie = 250 m²

DETALLE SALA DE MÁQUINAS. PLANTA PRIMERA
Escala. E: 1/200

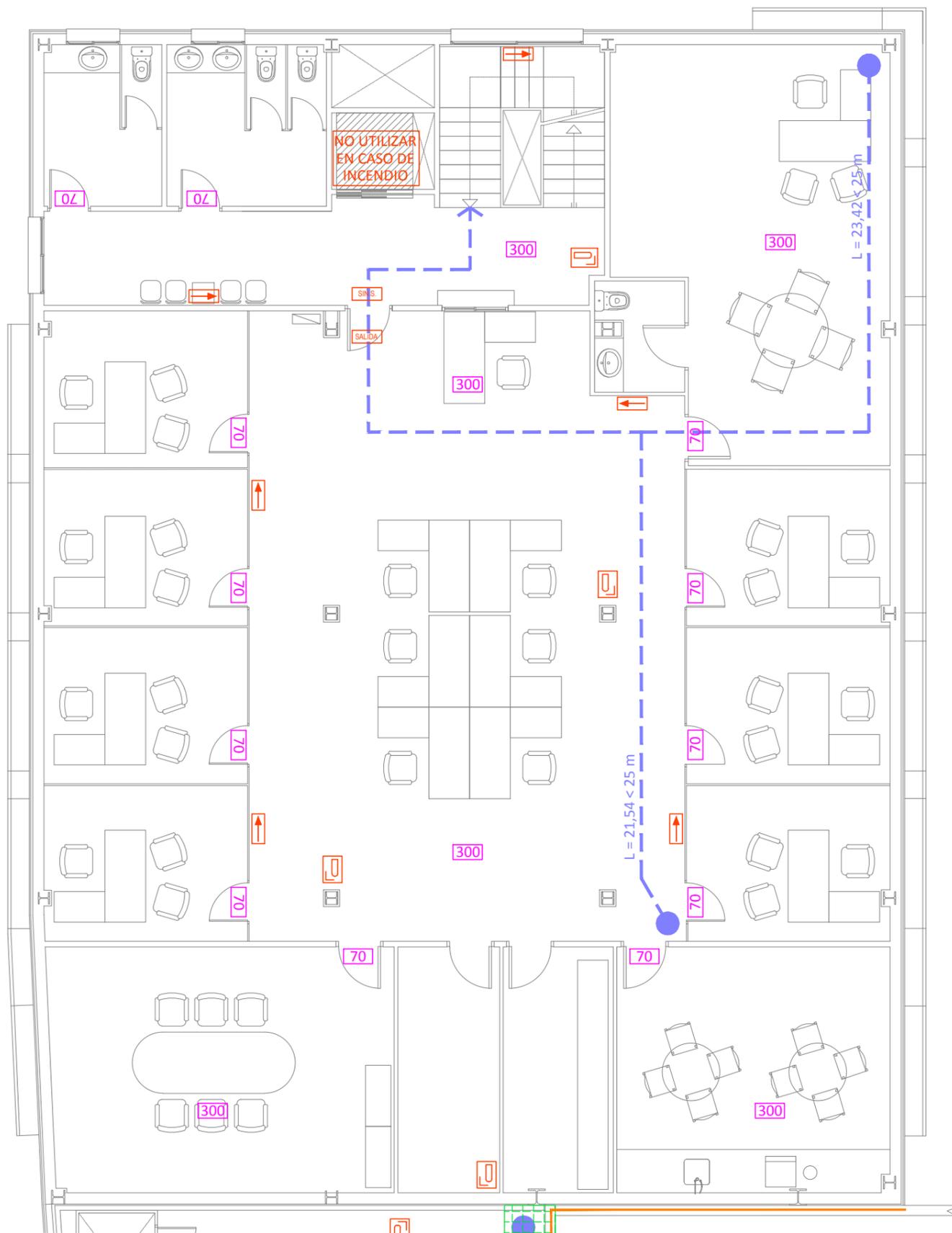
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO
		PLANO Nº: 06
		ESCALA: 1/300
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: SECTORIZACIÓN
  		FECHA: SEPTIEMBRE 2016



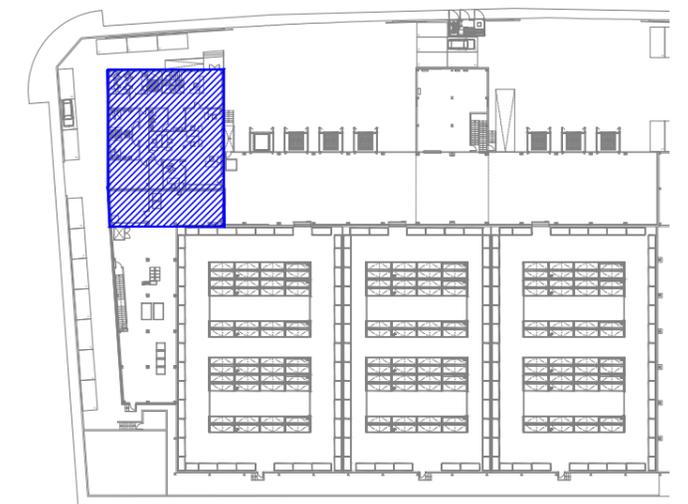
LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
SEÑALIZACIÓN	
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE SALIDA
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE SALIDA
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE RECORRIDO
	INDICADOR PULSADOR DE ALARMA
	INDICADOR DE EXTINTOR
	INDICADOR DE BIE
ALUMBRADO EMERGENCIA	
	LUMINARIA DE EMERGENCIA 70 LUM (8 W)
	LUMINARIA DE EMERGENCIA 300 LUM (8 W)
MEDIDAS CORRECTORAS	
	RECORRIDO DE EVACUACIÓN
	CORTAFUEGOS CUBIERTA EI-30
	CERRAMIENTO EI-60

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		PLANO Nº: 07.1		ESCALA: 1/200	
		DENOMINACIÓN: MEDIDAS CORRECTORAS, SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO			
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016			





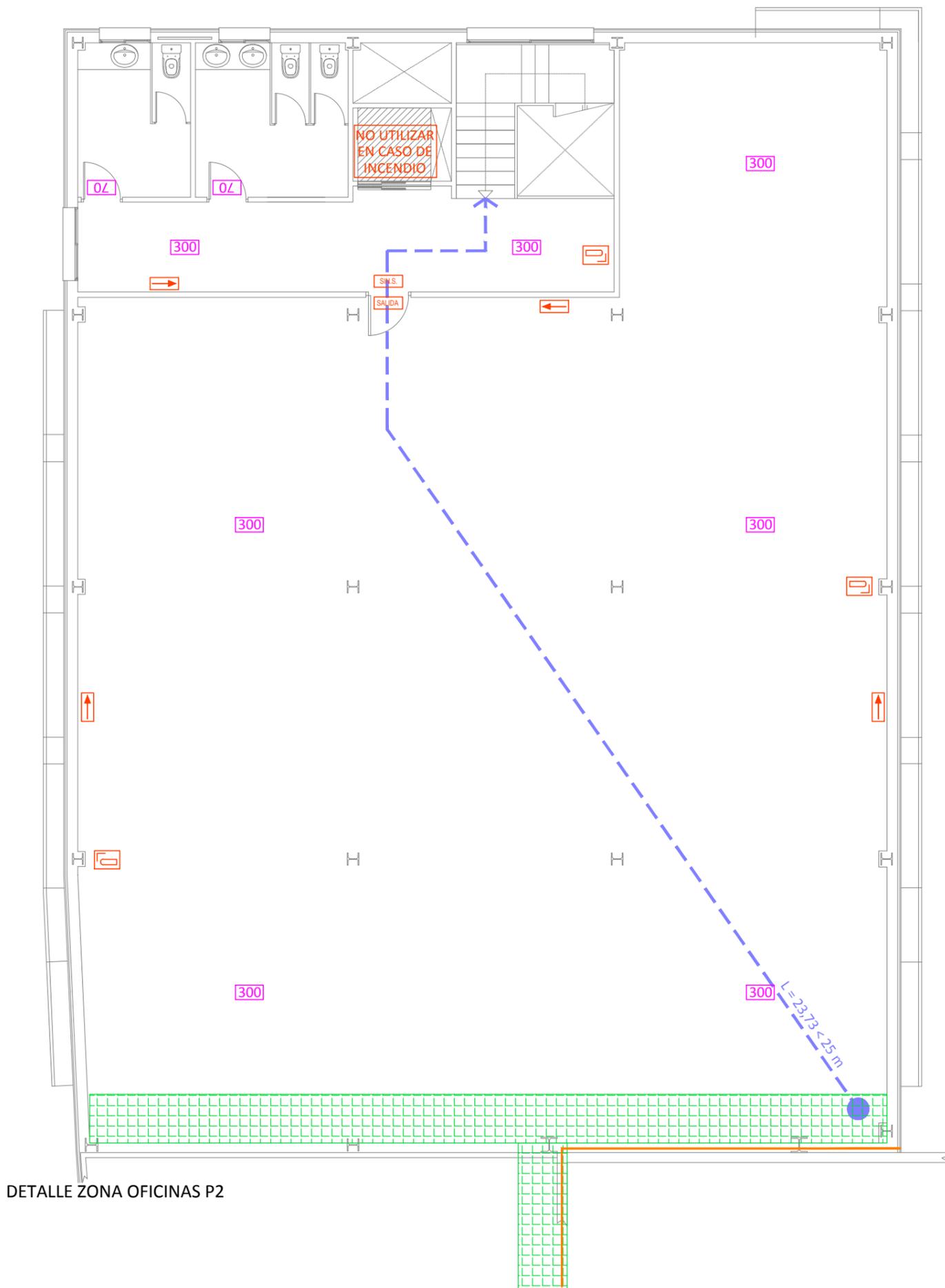
DETALLE ZONA OFICINAS P1



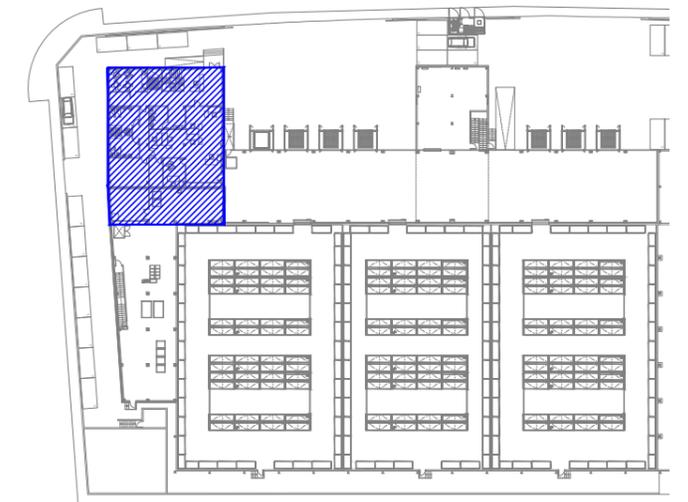
MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
SEÑALIZACIÓN	
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE SALIDA
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE SALIDA
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE RECORRIDO
	INDICADOR PULSADOR DE ALARMA
	INDICADOR DE EXTINTOR
	INDICADOR DE BIE
ALUMBRADO EMERGENCIA	
	LUMINARIA DE EMERGENCIA 70 LUM (8 W)
	LUMINARIA DE EMERGENCIA 300 LUM (8 W)
MEDIDAS CORRECTORAS	
	RECORRIDO DE EVACUACIÓN
	CORTAFUEGOS CUBIERTA EI-30
	CERRAMIENTO EI-60

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO
		PLANO Nº: 07.2
		ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: MEDIDAS CORRECTORAS, SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		FECHA: SEPTIEMBRE 2016

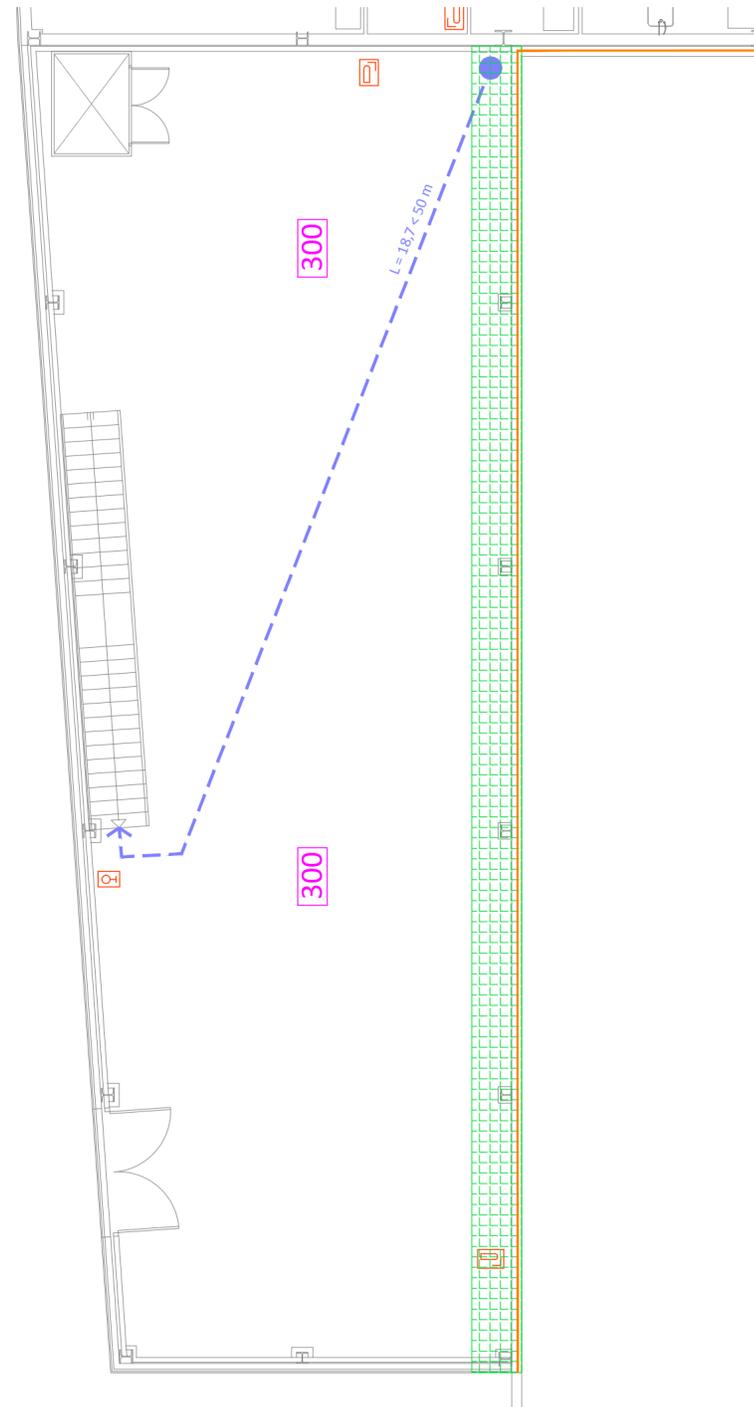


DETALLE ZONA OFICINAS P2

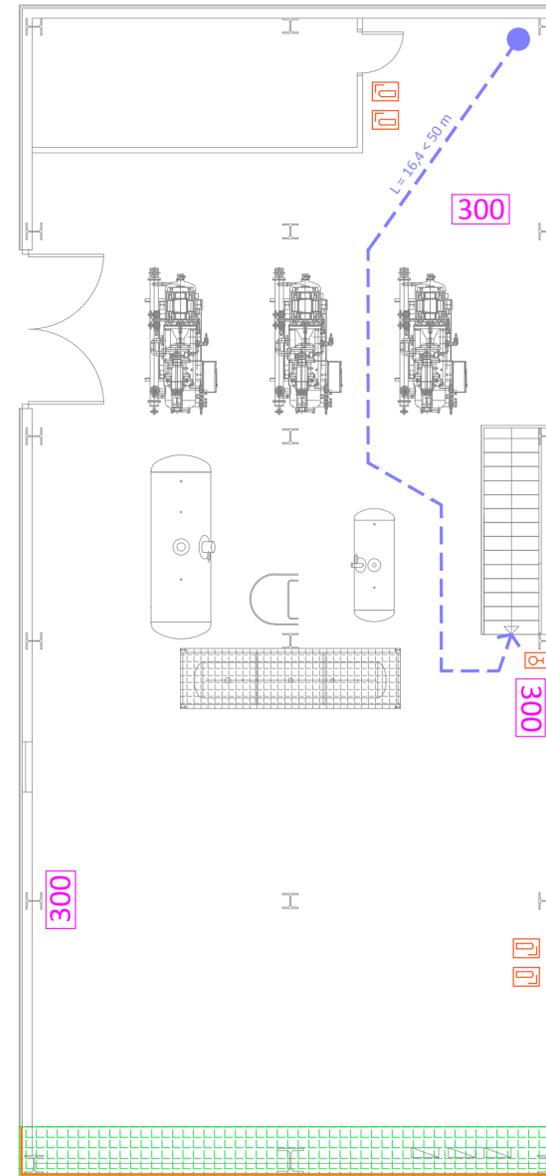


MONO ESQUEMÁTICO

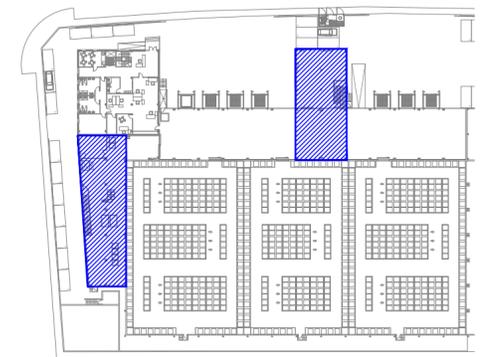
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
				PLANO Nº: 07.3	ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA				DENOMINACIÓN: MEDIDAS CORRECTORAS, SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO	
				FECHA: SEPTIEMBRE 2016	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA			



DETALLE SALA ENVASADOS P1



DETALLE SALA DE MÁQUINAS



MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
SEÑALIZACIÓN	
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE SALIDA
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE SALIDA
	SEÑAL FOTOLUMINISCENTE DE RECORRIDO
	INDICADOR PULSADOR DE ALARMA
	INDICADOR DE EXTINTOR
	INDICADOR DE BIE
ALUMBRADO EMERGENCIA	
	LUMINARIA DE EMERGENCIA 70 LUM (8 W)
	LUMINARIA DE EMERGENCIA 300 LUM (8 W)
MEDIDAS CORRECTORA	
	RECORRIDO DE EVACUACIÓN
	CORTAFUEGOS CUBIERTA EI-30
	CERRAMIENTO EI-60

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 07.4	ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: MEDIDAS CORRECTORA, SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	

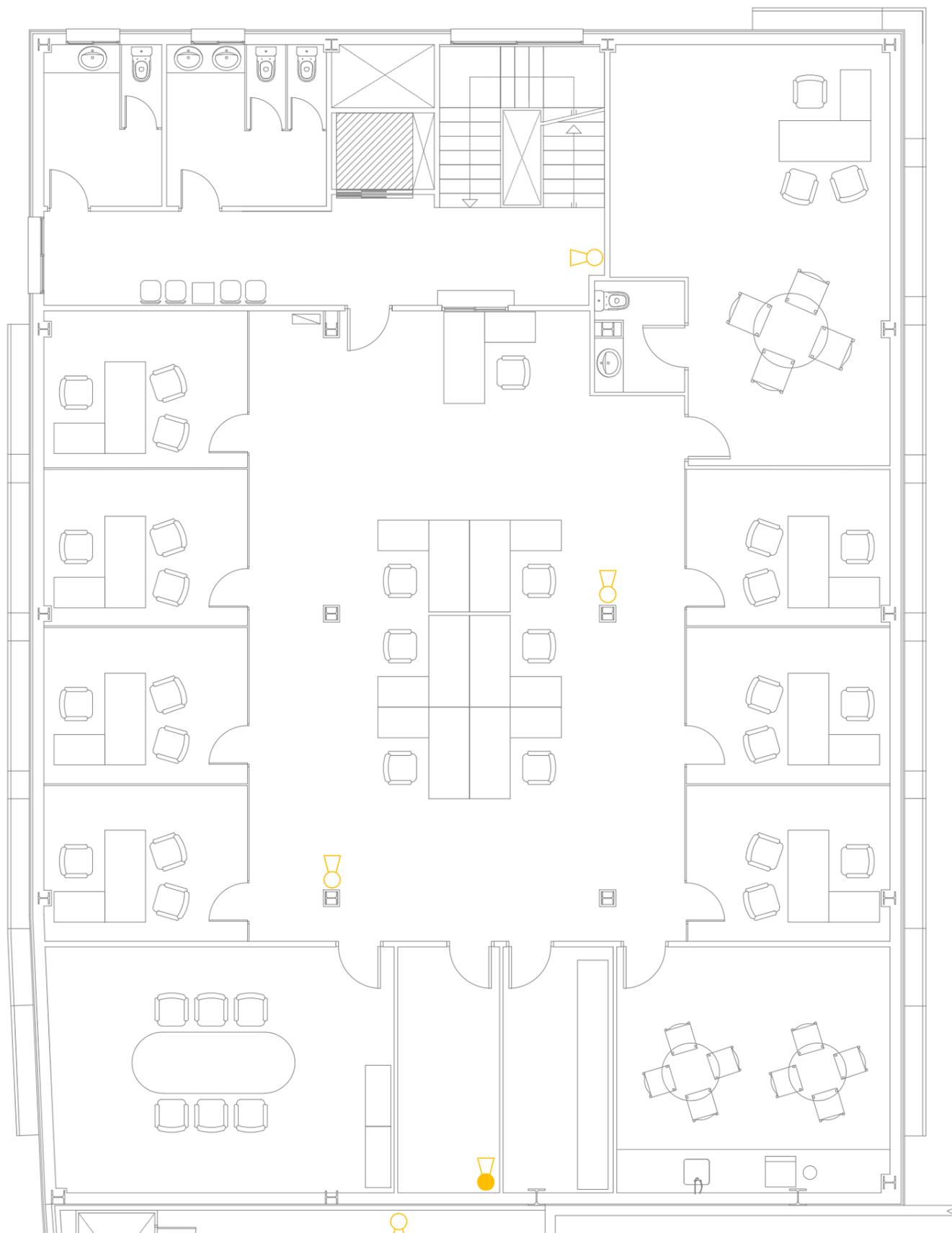


LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
EXTINCIÓN	
	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE 6 Kg (21A-113B)
	EXTINTOR DE CO2 5 Kg (55B)
DETECCIÓN	
	PULSADOR DE ALARMA
	CENTRAL ALARMA INCENDIOS. conv. 8 zonas
	SISTEMA ALARMA INTERIOR
	SISTEMA ALARMA EXTERIOR
BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS	
	TUBERÍA ACERO NEGRO BIE
	VÁLVULA MARIPOSA
	BIE-25
	BIE-45

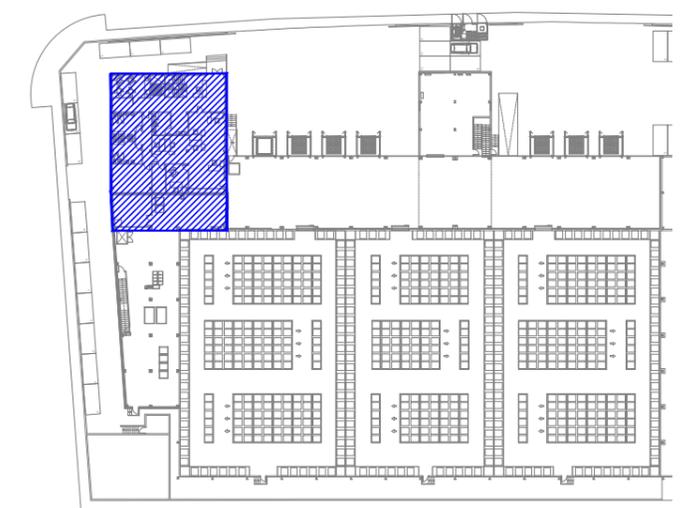
BALSA ABIERTA
(RESERVA DE AGUA)

MODELO
RNI 100-20

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 08.1	ESCALA: 1/200		
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA				DENOMINACIÓN: EXTINCIÓN, DETECCIÓN Y BOCAS DE INCENDIO	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA			ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA		FECHA: SEPTIEMBRE 2016



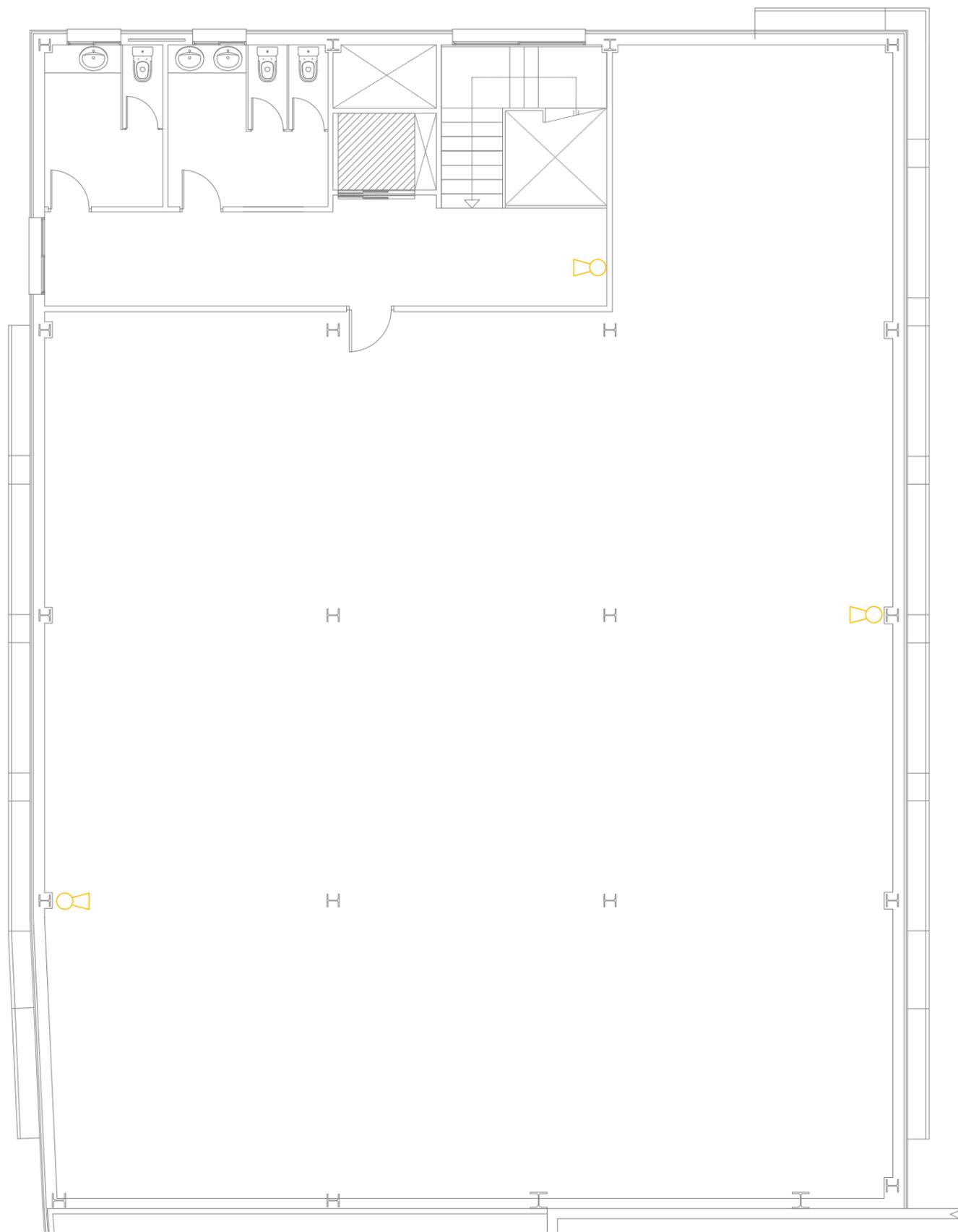
DETALLE ZONA OFICINAS P1



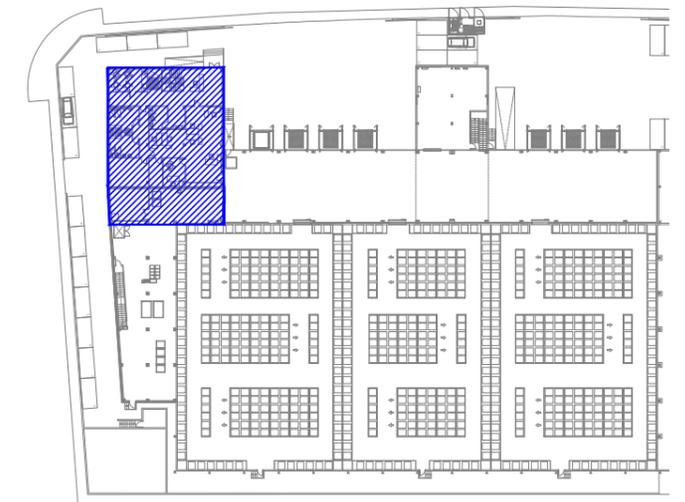
MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
EXTINCIÓN	
	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE 6 Kg (21A-113B)
	EXTINTOR DE CO2 5 Kg (55B)
DETECCIÓN	
	PULSADOR DE ALARMA
	CENTRAL ALARMA INCENDIOS. conv. 8 zonas
	SISTEMA ALARMA INTERIOR
	SISTEMA ALARMA EXTERIOR
BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS	
	TUBERÍA ACERO NEGRO BIE
	VÁLVULA MARIPOSA
	BIE-25
	BIE-45

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 08.2	ESCALA: 1/100		
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA				DENOMINACIÓN: EXTINCIÓN, DETECCIÓN Y BOCAS DE INCENDIO	
				FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



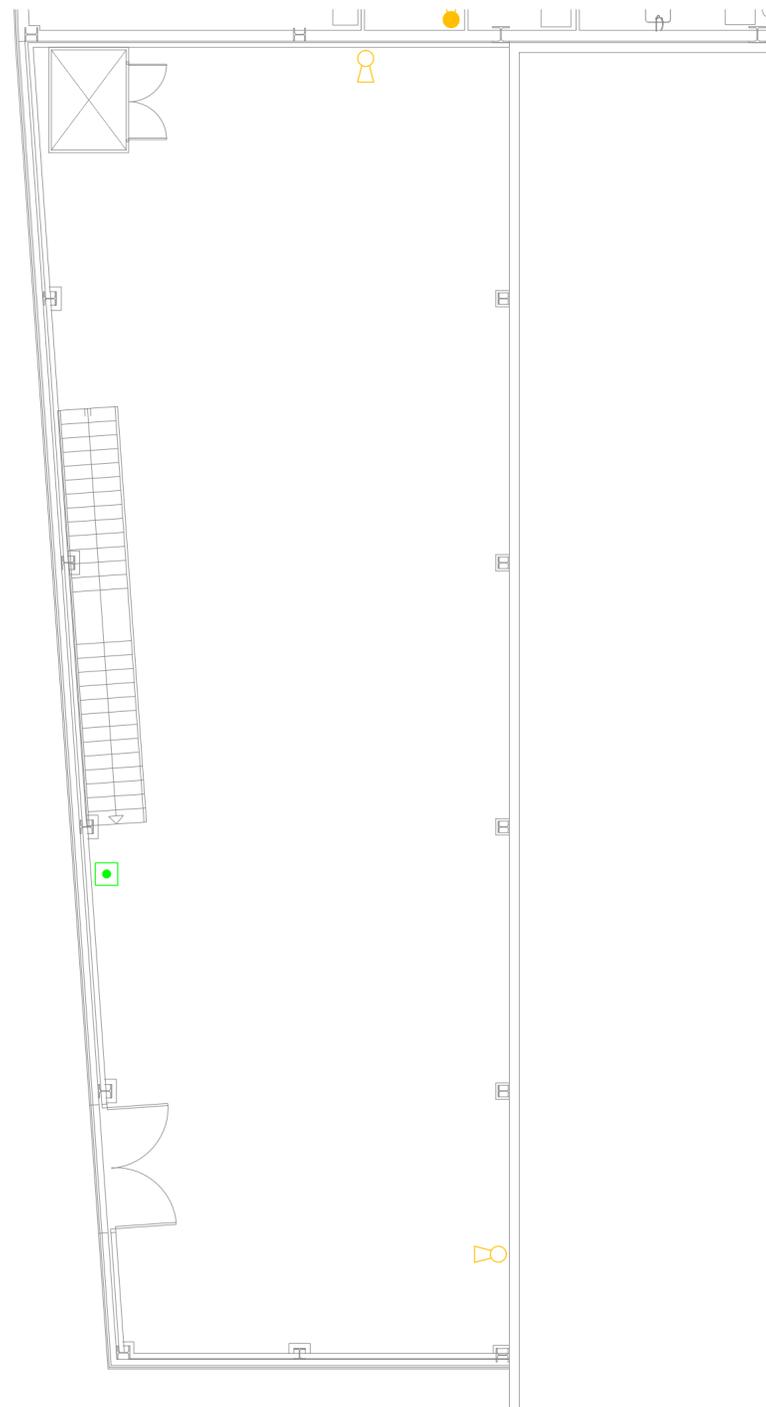
DETALLE ZONA OFICINAS P2



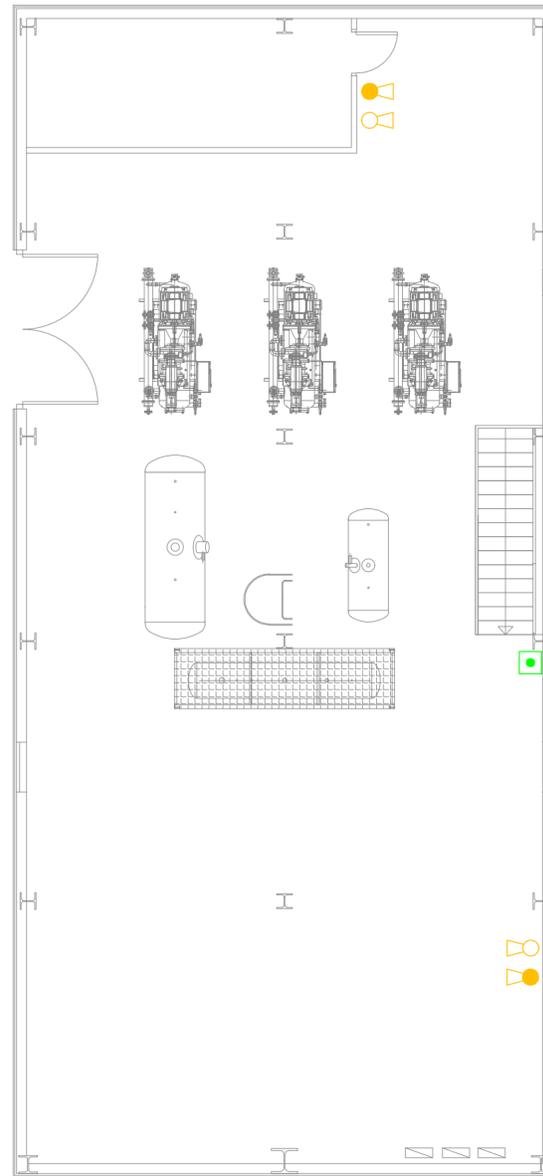
MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
EXTINCIÓN	
	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE 6 Kg (21A-113B)
	EXTINTOR DE CO2 5 Kg (55B)
DETECCIÓN	
	PULSADOR DE ALARMA
	CENTRAL ALARMA INCENDIOS. conv. 8 zonas
	SISTEMA ALARMA INTERIOR
	SISTEMA ALARMA EXTERIOR
BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS	
	TUBERÍA ACERO NEGRO BIE
	VÁLVULA MARIPOSA
	BIE-25
	BIE-45

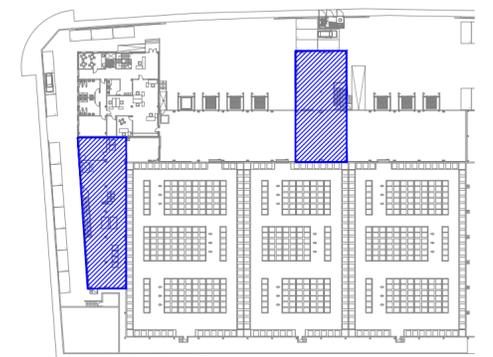
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO
		PLANO Nº: 08.3
		ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: EXTINCIÓN, DETECCIÓN Y BOCAS DE INCENDIO
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA 		FECHA: SEPTIEMBRE 2016



DETALLE SALA ENVASADOS P1



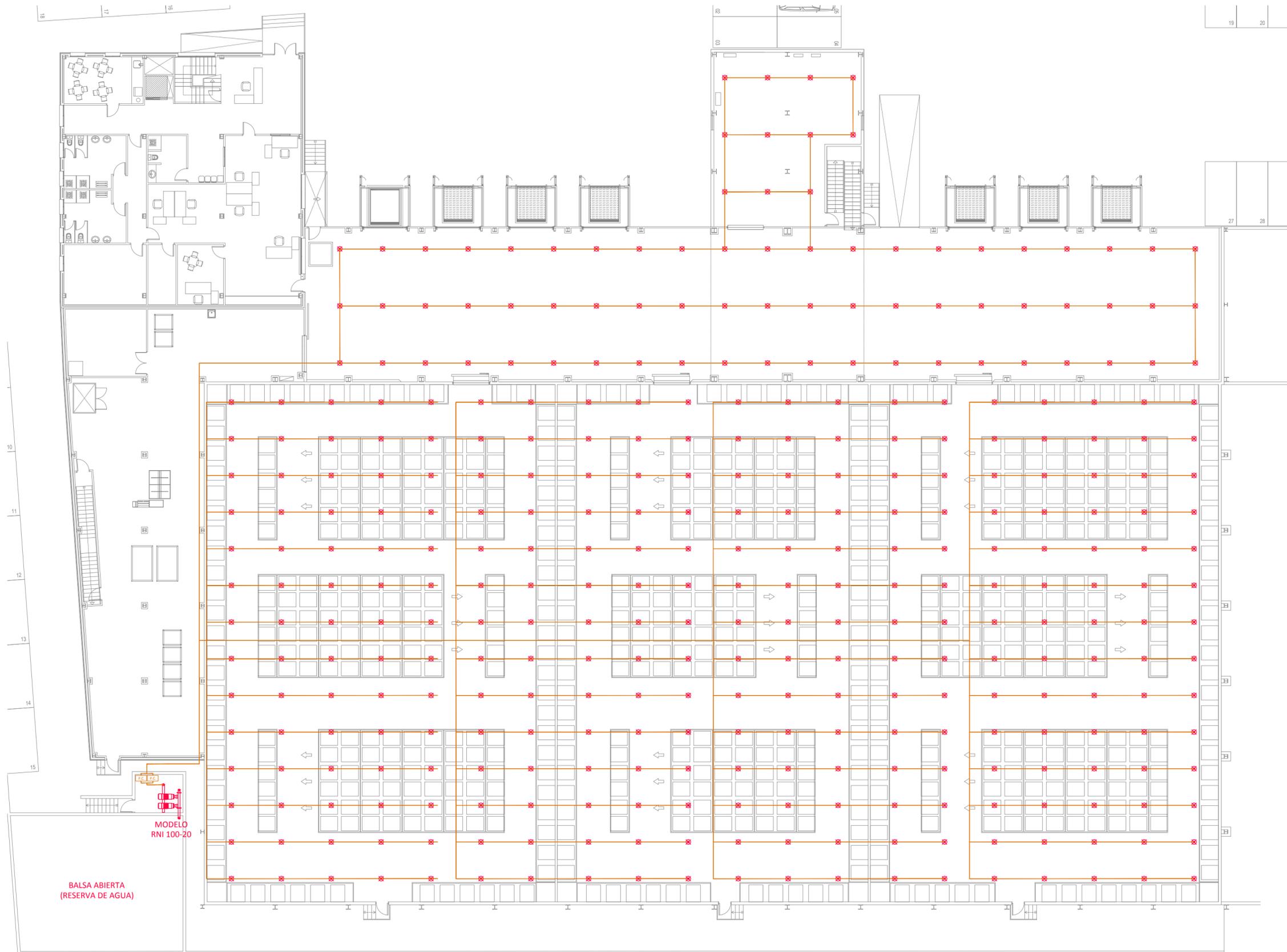
DETALLE SALA DE MÁQUINAS



MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
EXTINCIÓN	
	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE 6 Kg (21A-113B)
	EXTINTOR DE CO2 5 Kg (55B)
DETECCIÓN	
	PULSADOR DE ALARMA
	CENTRAL ALARMA INCENDIOS. conv. 8 zonas
	SISTEMA ALARMA INTERIOR
	SISTEMA ALARMA EXTERIOR
BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS	
	TUBERÍA ACERO NEGRO BIE
	VÁLVULA MARIPOSA
	BIE-25
	BIE-45

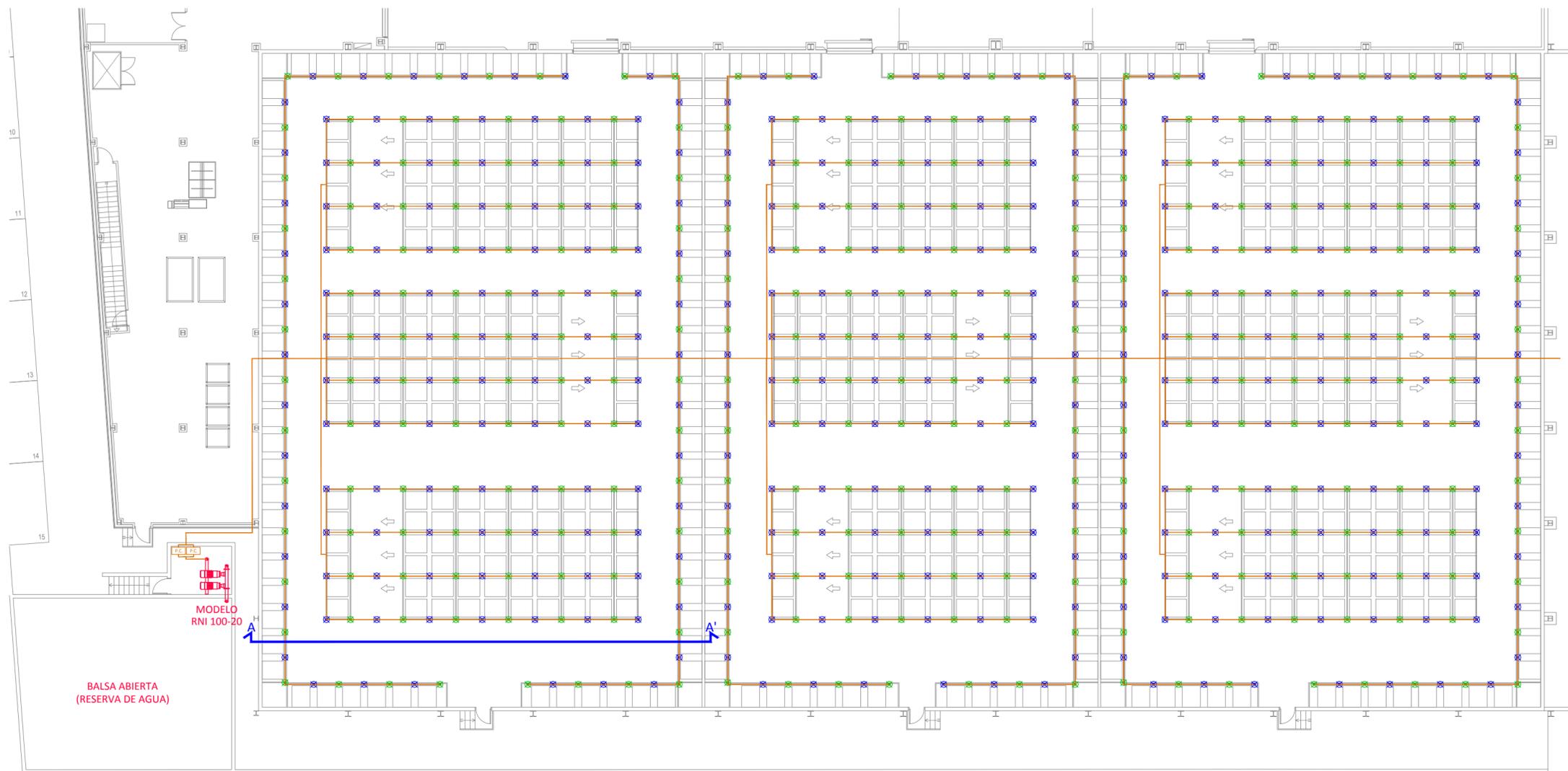
PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 08.4	ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: EXTINCIÓN, DETECCIÓN Y BOCAS DE INCENDIO	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA	
	TUBERÍA ACERO NEGRO
	ROCIADOR DE TECHO (COTA +11,80m)
	PUESTO DE CONTROL

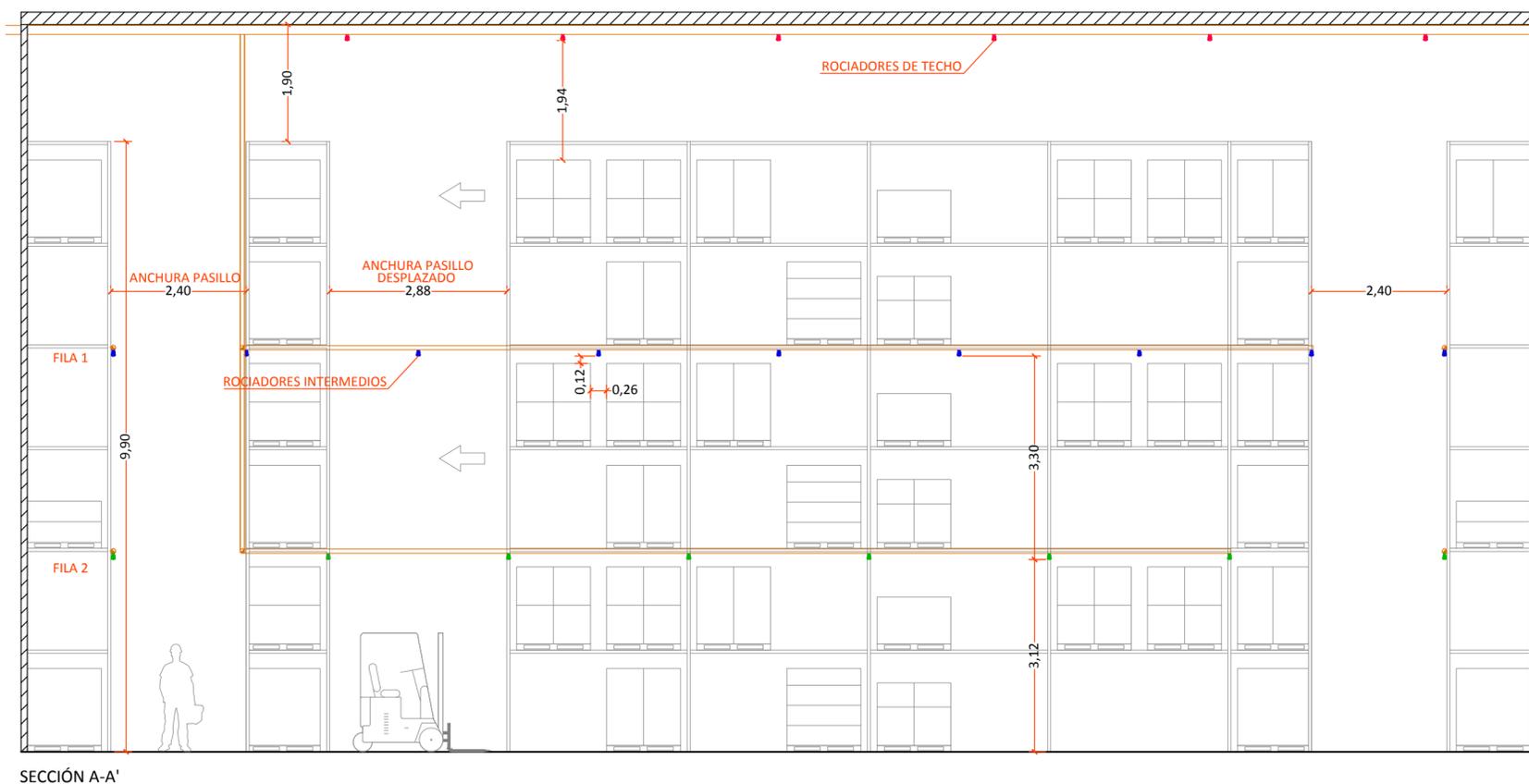
*Los diámetros de cada una de las tuberías de la instalación de extinción automática vienen definidos en la memoria de este proyecto

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA	PLANO Nº: 09.1	ESCALA: 1/200
		DENOMINACIÓN: INSTALACIÓN DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICA ROCIADORES DE TECHO
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016

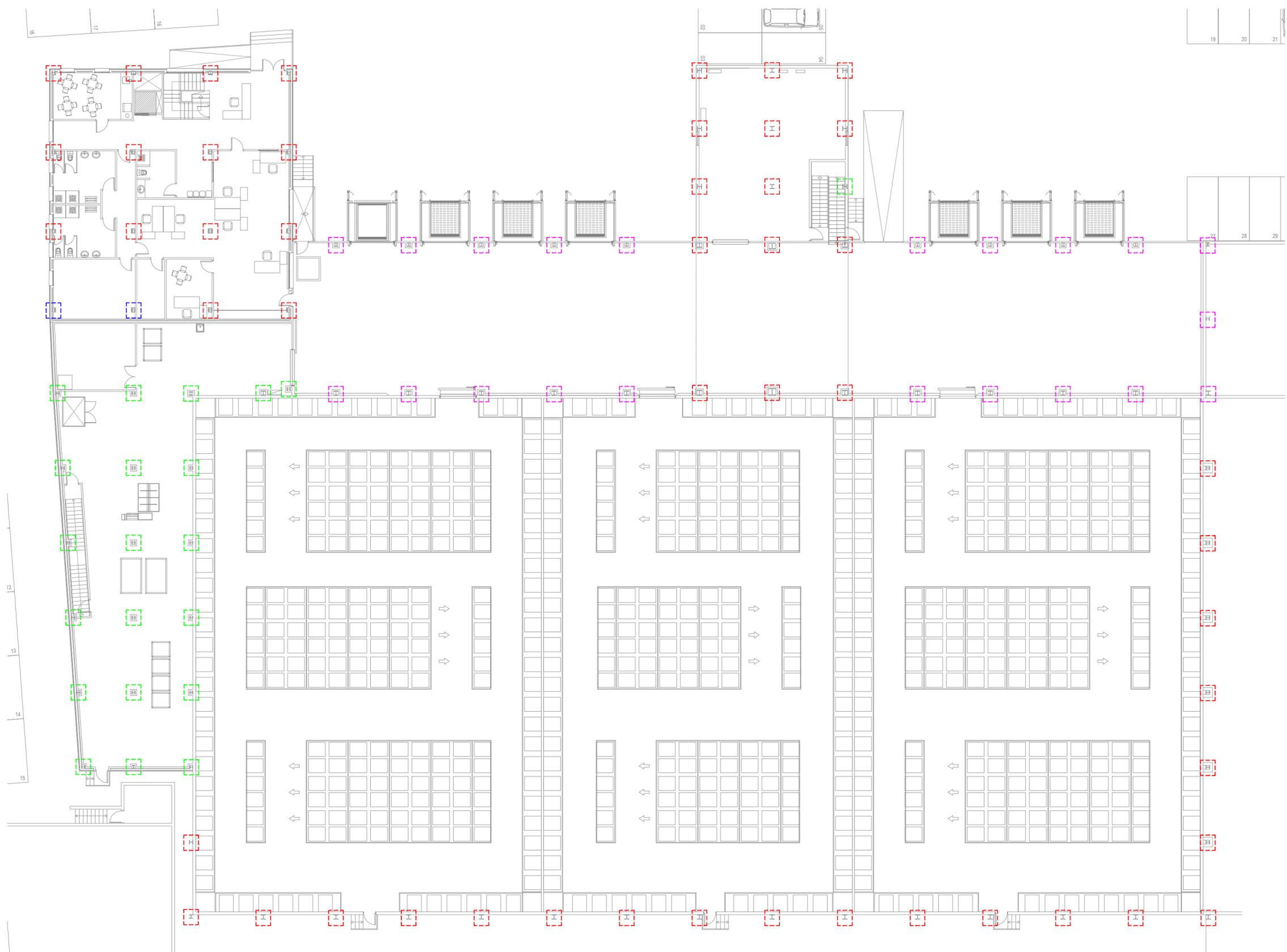


LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA	
	TUBERÍA ACERO NEGRO
	ROCIADOR INTERMEDIO (COTA +3,30m)
	ROCIADOR INTERMEDIO (COTA +6,60m)
	P.C. PUESTO DE CONTROL

*Los diámetros de cada una de las tuberías de la instalación de extinción automática vienen definidos en la memoria de este proyecto

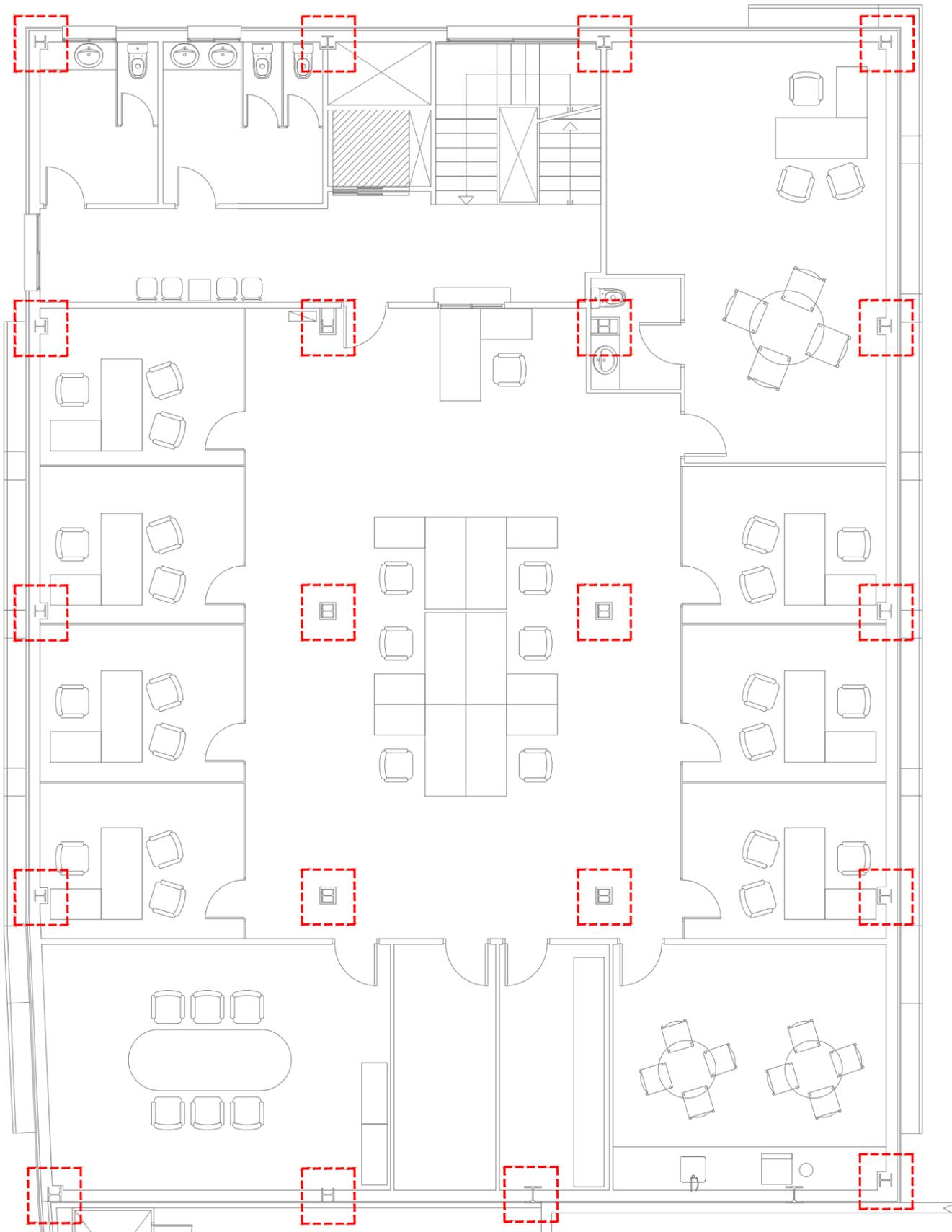


PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO
		PLANO Nº: 09.2
		ESCALA: 1/200
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: INSTALACIÓN DE EXTINCIÓN AUTOMÁTICA ROCIADORES INTERMEDIOS
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016

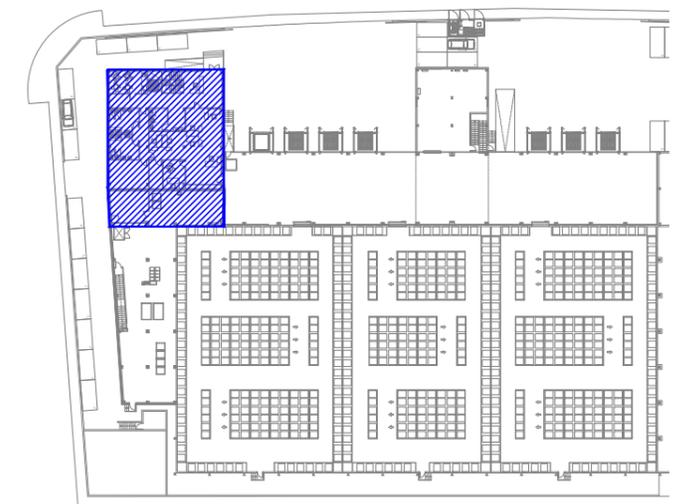


LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
RESISTENCIA AL FUEGO ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
	R 90
	R 60
	R 30
	NO EXIGE

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO		EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)		NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		PLANO Nº: 10.1		ESCALA: 1/200	
				DENOMINACIÓN: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA				FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



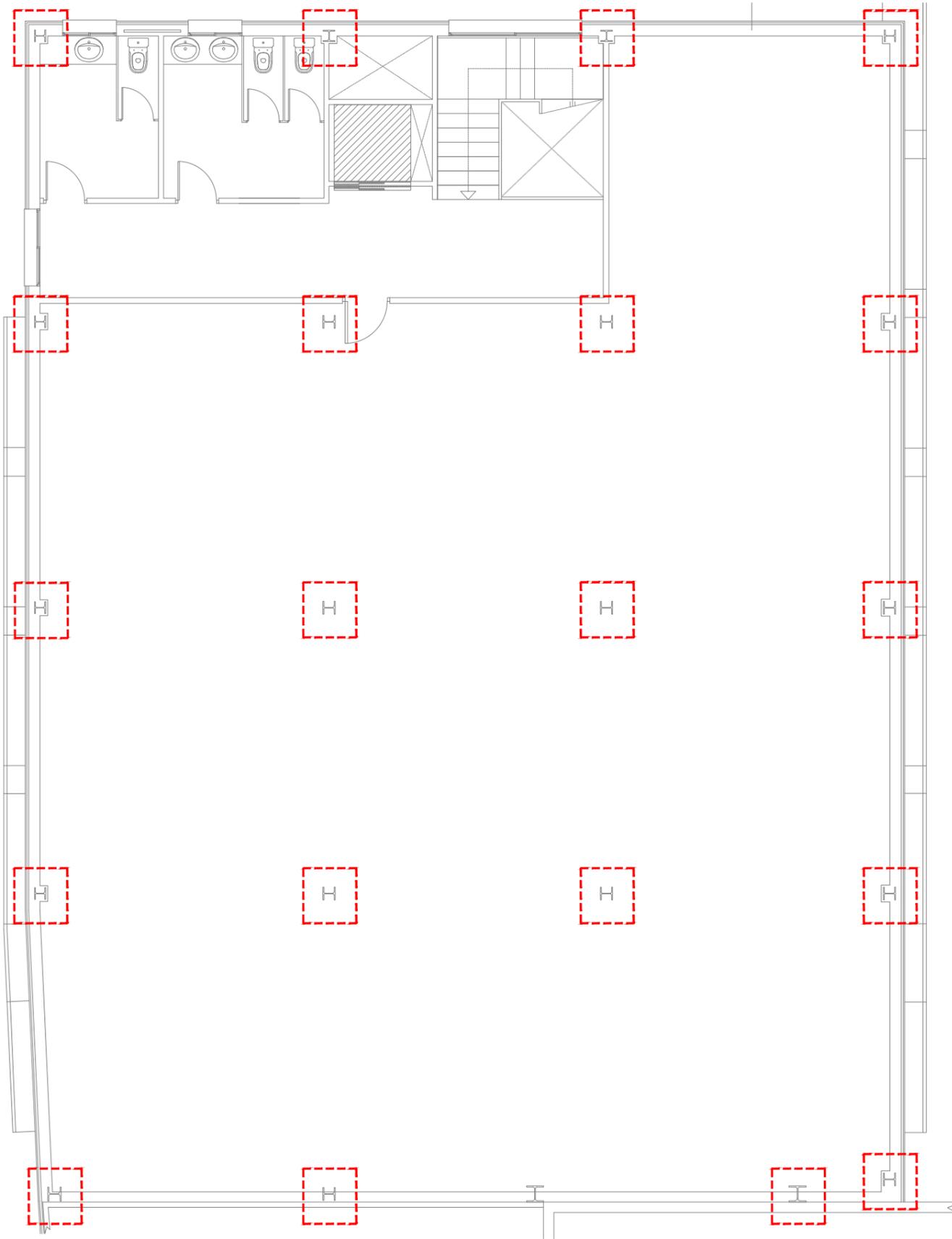
DETALLE ZONA OFICINAS P1



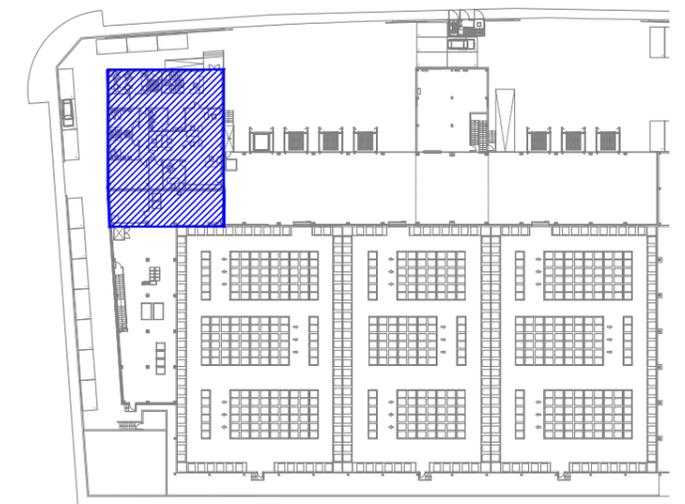
MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
RESISTENCIA AL FUEGO ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
	R 90
	R 60
	R 30
	NO EXIGE

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 10.2	ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



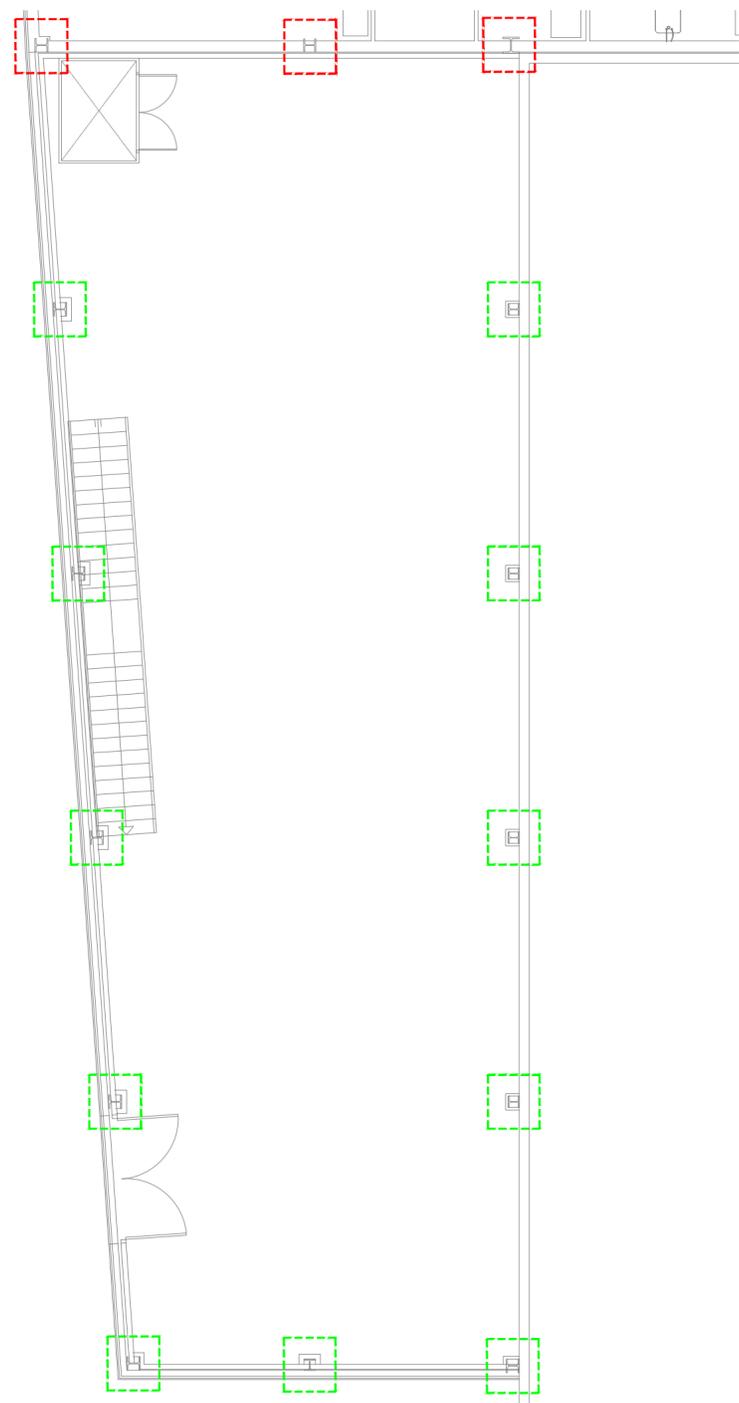
DETALLE ZONA OFICINAS P2



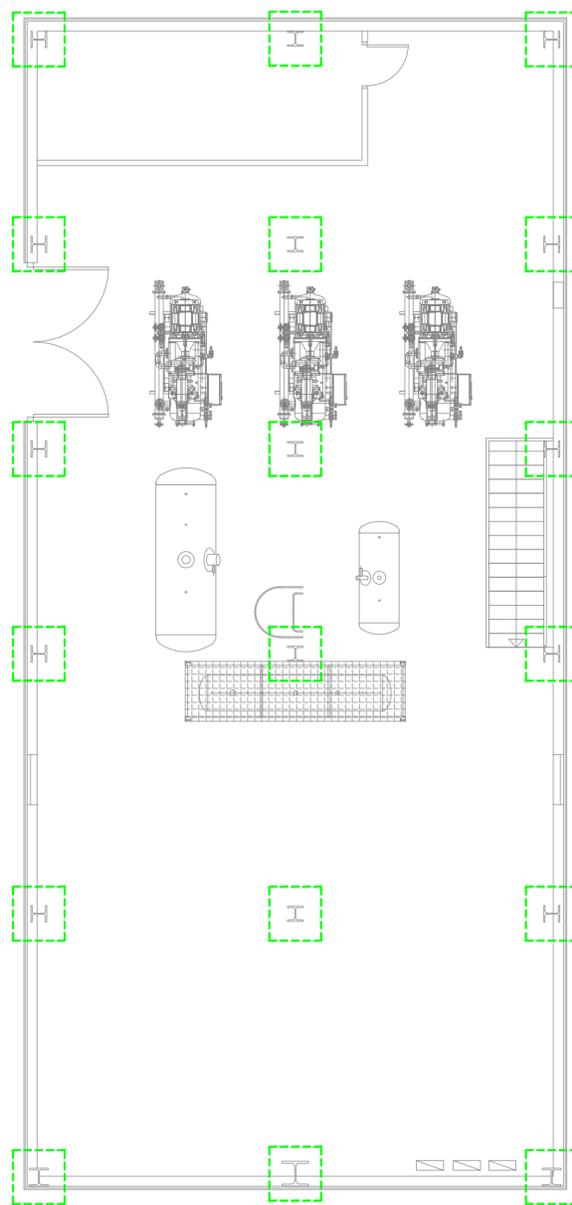
MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
RESISTENCIA AL FUEGO ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
	R 90
	R 60
	R 30
	NO EXIGE

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 10.3	ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA	
 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA		 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	



DETALLE SALA ENVASADOS P1



DETALLE SALA DE MÁQUINAS



MONO ESQUEMÁTICO

LEYENDA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	
RESISTENCIA AL FUEGO ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
	R 90
	R 60
	R 30
	NO EXIGE

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE: ALMACÉN FRIGORÍFICO DE PRODUCTOS CONGELADOS Y SALA DE ENVASADO	EMPLAZAMIENTO: PARCELA 41 - POL. IND "LA COMA" PICASSENT (VALENCIA)	NOMBRE: DANIEL DÍAZ COMINO	
		PLANO Nº: 10.4	ESCALA: 1/100
TÍTULO TFM: ANÁLISIS DE LA INST. DE PCI DE NAVE TIPO AGROINDUSTRIAL. ESTUDIO DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES SISTEMAS DE PROTECCIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ACTIVA		DENOMINACIÓN: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA	
		FECHA: SEPTIEMBRE 2016	

Índice de figuras

Tabla 1. Normativa urbanística de aplicación	14
Tabla 2. Cumplimiento parámetros urbanísticos	14
Tabla 3. Superficies establecimiento industrial.....	18
Tabla 4. Densidad carga de fuego sector 1	24
Tabla 5. Nivel riesgo intrínseco sector 1	25
Tabla 6. Densidad carga de fuego sector 2	25
Tabla 7. Nivel riesgo intrínseco sector 2	26
Tabla 8. Densidad carga de fuego sector 3	26
Tabla 9. Nivel riesgo intrínseco sector 3	27
Tabla 10. Densidad carga de fuego sector 4	28
Tabla 11. Nivel riesgo intrínseco sector 4	28
Tabla 12. Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio.....	30
Tabla 13. Comprobación superficies máximas sector	30
Tabla 14. Reacción al fuego de revestimientos.....	31
Tabla 15. Reacción al fuego productos interiores	32
Tabla 16. Clases de reacción al fuego de revestimientos de paredes y techos, aislamientos térmicos o acústicos y de conductos	32
Tabla 17. Clases de reacción al fuego de revestimientos de suelos.....	33
Tabla 18. Tabla 2.2 Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes	33
Tabla 19. Tabla 2.3.....	34
Tabla 20. Tabla 2.4.....	34
Tabla 21. Resistencia al fuego de medianería o muro colindante	37
Tabla 22. Resistencia exigida y de proyecto cerramientos de sectorización	38
Tabla 23. Resistencia exigida puertas de paso	38
Tabla 24. Número de personas establecimiento.....	39
Tabla 25. Longitud recorrido de evacuación según número salidas	41
Tabla 26. Longitud máxima evacuación sectores.....	42
Tabla 27. Longitud máxima recorridos sectores	43
Tabla 28. Anchura elementos de evacuación	43
Tabla 29. Datos geométricos SCTEH muelle	46
Tabla 30. Datos geométricos SCTEH cargabaterías	46
Tabla 31. Valores predeterminados SCTEH.....	47
Tabla 32. Dimensiones normalizadas de incendio (Tabla 3)	47
Tabla 33. Tamaño incendio muelle.....	47
Tabla 34. Tamaño incendio cargabaterías	48
Tabla 35. Resultado cálculo SCTEH muelle	48
Tabla 36. Resultado cálculo SCTEH cargabaterías	48
Tabla 37. Superficie aerodinámica necesaria.....	49
Tabla 38. Selección aireadores.....	50
Tabla 39. Selección rejillas de entrada de aire.....	50
Tabla 40. Resistencia al fuego de la estructura principal de sistemas de almacenaje	51
Tabla 41. Justificación resistencia al fuego sistema almacenaje.....	51
Tabla 42. Pulsadores de alarma de incendio.....	55
Tabla 43. Condiciones hidráulicas BIEs.	58

Tabla 44. Parámetros BIEs más desfavorables.....	62
Tabla 45. Parámetro BIEs más desfavorables con bomba	64
Tabla 46. Parámetros BIEs más favorables con bomba	64
Tabla 47. Bocas de incendio equipadas	65
Tabla 48. Tabla 3.1 RSCIEI	65
Tabla 49. Necesidad de hidrantes exteriores.....	66
Tabla 50. Tabla 1-Alturas máximas de almacenamiento	68
Tabla 51. Tabla 4-Criterios de diseño para instalaciones REA con protección sólo en techo.....	70
Tabla 52. Tabla 5-Criterios de diseño para rociadores de techo donde existen rociadores intermedios	70
Tabla 53. Valores predeterminados para el diseño de inst. rociadores	70
Tabla 54. Tabla 37-Tipos de rociador y factor K para diferentes clases de riesgo	71
Tabla 55. Tabla 19-Superficie máxima y separación para rociadores (excepto de pared)	72
Tabla 56. Tabla 36-Diámetro mínimo de tubería	72
Tabla 57. Diámetros comerciales tuberías acero	73
Tabla 58. Parámetros para el diseño de rociadores de muelle y cargabaterías	74
Tabla 59. Exigencias diseño rociadores techo cámaras congelados.....	74
Tabla 60. Exigencias diseño rociadores intermedios.....	80
Tabla 61. Simultaneidad de filas para rociadores intermedios.....	81
Tabla 62. Parámetros principales grupo de bombeo	82
Tabla 63. Dimensiones del conjunto de grupo de bombeo	83
Tabla 64. Tabla I-1-Agentes extintores y su adecuación a las distintas clases de fuego	85
Tabla 65. Tabla 3.1-Determinación de la dotación de extintores para combustibles de clase A.....	85
Tabla 66. Tabla 3.2-Determinación de la dotación de extintores para combustibles clase B	86
Tabla 67. Extintores	87
Tabla 68. Excepciones aplicación RSCIEI	93
Tabla 69. Superficies sector oficinas.....	95
Tabla 70. Cumplimiento sector de incendio	96
Tabla 71. Resistencia al fuego paredes, techos y puertas	96
Tabla 72. Resistencia exigida y de proyecto de cerramientos de sectorización	96
Tabla 73. Resistencia exigida y de proyecto de forjados que delimitan sectores.....	97
Tabla 74. Tabla 2.1-Clasificación de los locales y zonas de riesgo especial integrados en edificios	97
Tabla 75. Tabla 2.2 Condiciones zonas riesgo especial.....	98
Tabla 76. Reacción al fuego exigida y de proyecto de elementos constructivos	99
Tabla 77. Cálculo ocupación.....	101
Tabla 78. Longitud máxima de evacuación	102
Tabla 79. Dimensionado elementos de evacuación	103
Tabla 80. Protección escaleras	103
Tabla 81. Tabla 3.1-Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales	108
Tabla 82. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial.....	108
Tabla 83. Determinación resistencia al fuego.....	109
Tabla 84. Propiedades térmicas materiales constructivos	116
Tabla 85. CFAST. Propiedades térmicas materiales.....	116
Tabla 86. CFAST. Geometría y posición de espacios.....	117
Tabla 87. CFAST. Ejemplo "Compartments" cámara congelados 2.....	117
Tabla 88. Tabla M.1. Dimensiones normalizadas del incendio	118
Tabla 89. Tabla 2. Categorías de uso y altura crítica de almacenaje. Muelle	119
Tabla 90. Tabla 3. Dimensiones normalizadas de incendio. Muelle.....	119
Tabla 91. Tabla 2. Categorías de uso y altura crítica de almacenaje. Cargabaterías.....	119

Tabla 92. Tabla 3. Dimensiones normalizadas de incendio. Cargabaterías	120
Tabla 93. CFAST. Datos fuego cámara congelados	122
Tabla 94. Tipo combustible y hollín	122
Tabla 95. CFAST. Datos fuego muelle	123
Tabla 96. CFAST. Datos fuego cargabaterías	124
Tabla 97. CFAST. Simulación 1 cámara congelados	126
Tabla 98. Nuevos datos de simulación con limitación de energía	126
Tabla 99. CFAST. Cota capa de humos	127
Tabla 100. CFATS. Temperatura sensor techo	128
Tabla 101. CFAST. Tiempo disparo rociador muelle	131
Tabla 102. CFAST. Cota de humos muelle	133
Tabla 103. CFAST. Progresión de la capa de humos cargabaterías	136
Tabla 104. CFAST. Progresión de la capa de humos con la nueva disposición de rejillas	137
Tabla 105. Resumen tiempos de evacuación	140
Tabla 106. Designación perfiles por zonas	143
Tabla 107. Tiempo resistencia al fuego exigible cargabaterías	154
Tabla 108. Cargabaterías. Coeficientes reducción método simplificado CTE	156
Tabla 109. Tiempos con materiales de protección varios	156
Tabla 110. Resultados nudos/rociadores más desfavorables cámaras	197
Tabla 111. Resultados tuberías cámaras	198
Tabla 112. Resultados nudos BIEs más desfavorables	198
Tabla 113. Resultados tuberías red de BIEs	199
Tabla 114. Resultados tuberías rociadores muelle	201
Ilustración 1. Establecimiento tipo C	22
Ilustración 2. Almacenaje	52
Ilustración 3. Cuadro resumen cálculo caudal con diferentes sistemas de extinción	57
Ilustración 4. Cálculo epanet BIEs para un primer tanteo	62
Ilustración 5. Modelado curva bomba Epanet	63
Ilustración 6. Cálculo Epanet BIEs con bomba	63
Ilustración 7. Determinación categoría productos almacenados	67
Ilustración 8. Paletas autoportantes (ST3)	68
Ilustración 9. Sistema de tubería seca	69
Ilustración 10. Figura 8-Separación para rociadores de techo	72
Ilustración 11. Propiedades depósito para cumplir exigencias de rociadores	75
Ilustración 12. Cumplimiento exigencias rociadores techo desfavorables	76
Ilustración 13. Curva característica grupo de bombeo	77
Ilustración 14. Modelado Epanet con la bomba seleccionada	77
Ilustración 15. Cumplimiento exigencias rociadores techo con bomba	78
Ilustración 16. Cumplimiento exigencia rociadores techo favorables	79
Ilustración 17. Figura 13-Distribución de rociadores intermedios categoría I y II	82
Ilustración 18. Grupo de bombeo	83
Ilustración 19. Fig. M.1	118
Ilustración 20. Tasa de liberación de calor cámara de congelados	122
Ilustración 21. CFAST. Ejemplo "fire" cámara congelados	123
Ilustración 22. Tasa de liberación de calor muelle	124
Ilustración 23. Tasa de liberación de calor cargabaterías	125

Ilustración 24. CFAST. Dispersión humo a los 260 s	127
Ilustración 25. CFAST. SCTEH cerrado a los 80 segundos	129
Ilustración 26. CFAST. SCTEH abierto a los 240 segundos	129
Ilustración 27. CFAST. Simulación a los 660 segundos	130
Ilustración 28. CFATS. Interior a 20°C a los 240 segundos	130
Ilustración 29. CFAST. Interior a 20°C a los 660 segundos	131
Ilustración 30. CFAST. Simulación a los 100s. Humo acumulándose en capas más altas	133
Ilustración 31. CFAST. Cota máxima alcanzada por los humos a los 360 segundos	134
Ilustración 32. CFAST. Tiempo respuesta primer rociador cargabaterías	134
Ilustración 33. CFAST. RHR corregida cargabaterías	135
Ilustración 34. CFAST. RHR cargabaterías	135
Ilustración 35. CFAST. Simulación a los 180 segundos con aireadores precalculados	135
Ilustración 36. CFAST. Nueva disposición de rejillas	136
Ilustración 37. Fig. 1: Relación entre el número de personas evacuadas y el tiempo de evacuación	137
Ilustración 38. Tabla 3.1. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales	144
Ilustración 39. Tabla 3.2. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial	145
Ilustración 40. Coeficiente ventilación w	146
Ilustración 41. Tabla B.1. Valores de kc según el material estructural	146
Ilustración 42. Tabla B.2 Valores del coeficiente δq_1 por el riesgo de iniciación debido al tamaño del sector	147
Ilustración 43. Tabla B.3. Valores del coeficiente δq_2 por el riesgo de iniciación debido al uso o actividad	147
Ilustración 44. Tabla B.4. Valores de los coeficientes δn_i según las medidas activas existentes	147
Ilustración 45. Tabla B.5. Valores de δc por las posibles consecuencias del incendio, según la altura de evacuación del edificio	148
Ilustración 46. Valores de densidad de carga de fuego variable característica según el uso previsto	148
Ilustración 47. Tabla 45.2. Valores característicos de propiedades convencionales de materiales de protección genéricos	151
Ilustración 48. Tabla 4.1. Temperatura crítica para diversos valores del grado de utilización	152
Ilustración 49. Valores de los parámetros mecánicos del acero en función de la temperatura	153
Ilustración 50. Muelle. Soporte HEA 340	158
Ilustración 51. Cajeados pilares con panel frigorífico	160
Ilustración 52. Soportes alzado izquierdo establecimiento industrial	161
Ilustración 53. Sala de envasados. Soporte HEA 240	161
Ilustración 54. Depósito de libros. HEA 240	166
Ilustración 55. Tabla D.1 Coeficiente protección $d/\lambda p$ de vigas y tirantes	170
Ilustración 56. Productos de yeso según catálogo elementos constructivos	172
Ilustración 57. Losa alveolar	173
Ilustración 58. Tabla C.1 Valores de Δs_i (mm)	174
Ilustración 59. Tabla C.4. Losas macizas	174
Ilustración 60. Cálculo Epanet rociadores desfavorables muelle	199
Ilustración 61. Víctimas mortales por grupos de edad en % en 2014 (Fuente: Fundación MAPFRE)	218
Ilustración 62. Víctimas mortales por uso en 2014 (Fuente: Fundación MAPFRE)	218
Gráfica 1. Curva normalizada tiempo-temperatura	144
Gráfica 2. Temperatura crítica para diversos valores μ_0	152
Gráfica 3. Cargabaterías. Perfil HEA 300 desnudo. Curva ISO-834	154

Gráfica 4. Cargabaterías. Perfil HEA 300 desnudo. Curva CFAST	155
Gráfica 5. Cargabaterías. Perfil HEA 300 protegido con LH4	157
Gráfica 6. Muelle. Perfil HEA 340 sin proteger.....	158
Gráfica 7. Muelle. Perfil HEA 340 con chapas soldadas.....	159
Gráfica 8. Sala envasados. Perfil HEA 240 desnudo	162
Gráfica 9. Sala envasados. Perfil HEA 550 desnudo	162
Gráfica 10. Sala envasados. Perfil HEA 240 protección con chapa.....	163
Gráfica 11. Sala envasados. Perfil HEA 240 protección con panel frigorífico	165
Gráfica 12. Edificio oficinas. Perfil HEA 240 desnudo	166
Gráfica 13. Edificio oficinas. Perfil HEA 600 desnudo	167
Gráfica 14. Edificio oficinas. Perfil HEA 240 con chapa protección	167
Gráfica 15. Sala envasados. Perfil HEA 240 protegido con LH4	169

Referencias bibliográficas

- [1] Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SI.
- [2] Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SUA.
- [3] R.D 2267/2004, de 3 de diciembre. Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI).
- [4] UNE 23585. Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH). Requisitos y métodos de cálculo y diseño para proyectar un sistema de control de temperatura y de evacuación de humos en caso de incendios.
- [5] R.D 1942/1993, de 5 de noviembre. Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios (RIPCI).
- [6] UNE-EN 12845:2005+A2. Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.
- [7] UNE-EN 671-2. Instalaciones fijas de lucha contra incendios. Sistemas equipados con mangueras. Parte 2: Bocas de incendio equipadas con mangueras planas.
- [8] UNE-EN 671-3. Instalaciones fijas de lucha contra incendios. Sistemas equipados con mangueras. Parte 3: Mantenimiento de las bocas de incendio equipada con mangueras semirrígidas y planas.
- [9] UNE 23500. Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- [10] Instituto Tecnología de la Construcción de Catalunya (ITEC) [en línea] <http://itec.es/>
- [11] Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) [en línea] <http://www.five.es/>
- [12] R.D 842/2013, de 31 de octubre. Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.
- [13] UNE-EN 1991-1-2. Eurocódigo 1:Acciones en estructuras. Acciones generales. Acciones en estructuras expuestas al fuego.
- [14] UNE 23727:1990. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.
- [15] Artículo blog de cottessgroup <http://www.cottessgroup.com/news/sistemas-control-temperatura-evacuacion-humos-en-camaras-de-congelacion/>
- [16] Artículo blog de cottessgroup <http://www.cottessgroup.com/news/simulacion-de-incendios-en-camaras-frigorificas-con-sistemas-de-inertizacion/>
- [17] EHE-08 (2010), Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica. Gobierno de España.
- [18] Pons i Grau, Vicent (2003), Dinámica del fuego, origen y causa de los incendios. Edicions del Bullent, S.L. España.
- [19] R.D 2200/1995, de 28 de diciembre. Reglamento de la infraestructura para la calidad y la seguridad industrial.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA



MÁSTER EN CONSTRUCCIONES
E INSTALACIONES INDUSTRIALES