

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN INGENIERIA MECÁNICA**



**UNIVERSITAT  
JAUME • I**

**ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIÉNCIAS EXPERIMENTALES**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE LA  
ESTRUCTURA DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL EMPLEADA COMO  
ALMACÉN DE “POLIAMIDAS Y  
QUÍMICA FINA” Y PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS**

**Autor:**

Enrique Manuel Caballero Barba.

**Empresa:**

UBE CORPORATION EUROPE, S.A.

**Tutor Universidad:**

David Hernández Figueirido

Castellón, Convocatoria de Noviembre de 2016



# DEDICATORIA:

*A mi familia por todo el apoyo incondicional, y a mi tutor por su paciencia y dedicación durante la realización de este trabajo fin de grado.*





## **ÍNDICE GENERAL:**

DOCUMENTO I: MEMORIA .....	13
DOCUMENTO II: ANEXOS.....	87
DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES .....	391
DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....	457
DOCUMENTO V: PLANOS.....	477



## ÍNDICE DE TABLAS:

<b>Tabla 1,</b> Resumen del tipo de zapatas .....	42
<b>Tabla 2,</b> Resumen de medición de la Nave Industrial. ....	45
<b>Tabla 3,</b> Resumen de medición de la Marquesina. ....	45
<b>Tabla 4,</b> Resumen de medición de la Caseta.....	45
<b>Tabla 5,</b> Resumen del tipo de uniones que aparecen.....	46
<b>Tabla 6,</b> Luces admisibles según los espesores del panel sándwich cubierta resistente al fuego ...	49
<b>Tabla 7,</b> Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio. Anexo II tabla 2.1 del RD 2267/2004 .....	55
<b>Tabla 8,</b> Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes. Anexo II tabla 2.2 del RD 2267/2004 .....	56
<b>Tabla 9,</b> Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubiertas ligeras. Con la superficie de los sectores protegidas con sistemas de evacuación de humos Anexo II tabla 2.3 del RD 2267/2004	57
<b>Tabla 10,</b> Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubiertas ligeras. Con la superficie de los sectores protegidas con rociadores automáticos de agua y sistemas de evacuación de humos Anexo II tabla 2.4 del RD 2267/2004.....	57
<b>Tabla 11,</b> Resistencia al fuego de los cerramientos. Punto 5 del RD 2267/2004.....	58
<b>Tabla 12,</b> Longitud de recorrido de evacuación según el número de salidas. Anexo II del punto 6.3 RD 2267/2004 .....	59
<b>Tabla 13,</b> Dimensionado de los elementos de la evacuación .Tabla 4.1 del DB-SI 3.....	60
<b>Tabla 14,</b> Sistemas de almacenaje autoportante operado manual o automáticamente. Anexo II del punto 8.1 RD 2267/2004.....	64
<b>Tabla 15,</b> Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco. Anexo III del punto 7.1 RD 2267/2004 .....	70
<b>Tabla 16,</b> Necesidades de agua para hidrantes exteriores. Anexo III del punto 7.3 RD 2267/2004.	70
<b>Tabla 17,</b> Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A. Anexo III del tabla 3.1 RD 2267/2004 .....	72
<b>Tabla 18,</b> Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B. Anexo III del tabla 3.1 RD 2267/2004 .....	72
<b>Tabla 19,</b> Tipo de BIE, simultaneidad y tiempo de autonomía. Anexo III del punto 9.2 RD 2267/2004.....	75
<b>Tabla 20,</b> Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas. Tabla 1.2CTE-DB-SI-1 .....	79
<b>Tabla 21,</b> Resistencia al fuego de elementos de revestimiento. Tabla 4.1CTE-DB-SI-1. ....	80
<b>Tabla 22,</b> Resistencia al fuego suficiente a los elementos estructurales. Tabla 3.1CTE-DB-SI-6 .....	84

<b>Tabla 23</b> , Valores característicos de las sobrecargas de uso. Tabla 3.1 del CTE-DB-SE-AE .....	99
<b>Tabla 24</b> , Coeficientes para tipo de entorno. Tabla D.2. Anejo D del CTE-DB-SE-AE .....	102
<b>Tabla 25</b> , Paramentos verticales. Tabla D.3 del CTE-DB-SE-AE .....	104
<b>Tabla 26</b> , Cubiertas a dos aguas a) Dirección del viento $-45^{\circ} \leq \theta \leq 45^{\circ}$ . Tabla D.6 del CTE-DB-SE-AE .....	107
<b>Tabla 27</b> , Cubiertas a dos aguas b) Dirección del viento $-45^{\circ} \leq \theta \leq 135^{\circ}$ . Tabla D.6 del CTE-DB-SE-AE .....	109
<b>Tabla 28</b> , Coeficientes de presión interior. Tabla 3.5 del CTE-DB-SE-AE .....	111
<b>Tabla 29</b> , Marquesina a un agua. Tabla D.10 del CTE-DB-SE-AE .....	114
<b>Tabla 30</b> , Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas. Tabla 3.7 del CTE-DB-SE-AE .....	118
<b>Tabla 31</b> , Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal [KN/m <sup>2</sup> ]. Tabla E.2 del CTE-DB-SE-AE ..	119
<b>Tabla 32</b> , Grado de peligrosidad de los combustibles. Tabla 1.1 del catalogo CEA de productos y mercancías. Del RD 2267/2004 .....	358
<b>Tabla 33</b> , Coeficientes y poderes caloríficos de las sustancias inflamables .....	359
<b>Tabla 34</b> , Nivel de riesgo intrínseco del edificio. Tabla 1.3 del ANEXO I del RD 2267/2004 .....	360
<b>Tabla 35</b> , Mínima altura limpia por encima de las rutas de evacuación. Tabla 2 UNE 23585 .....	365
<b>Tabla 36</b> , Dimensiones normalizadas del incendio (Almacenaje con estanterías, con rociadores). Tabla M.1 de la UNE EN23585 .....	368
<b>Tabla 37</b> , Dimensiones normalizadas de incendio (espacios sin almacenaje o de poca altura con estanterías). Tabla 3 del anexo M de la UNE EN 23585 .....	369
<b>Tabla 38</b> , Distribución de detectores lineales de haz óptico. Tabla A.3 de la UNE EN 23007-14 ..	373
<b>Tabla 39</b> , Limitaciones y requisitos de protección para diferentes configuraciones de almacenamiento. Tabla 2 de la UNE EN 12845 .....	375
<b>Tabla 40</b> , Criterios de diseño para rociadores de techo donde existen rociadores intermedios. Tabla 5 de la UNE EN 12845 .....	376
<b>Tabla 41</b> , Superficie máxima protegida en instalaciones mojadas o de acción previa. Tabla 17 UNE EN 12845 .....	377
<b>Tabla 42</b> , Superficie máxima y separación para rociadores (excepto de pared). Tabla 19 de la UNE EN 12845 .....	377
<b>Tabla 43</b> , Tipos de rociador y factor K para diferentes clases de riesgo. Tabla 37 de la UNE 12845:2004 .....	382
<b>Tabla 44</b> , Tipos de respuesta de rociadores. Tabla 38 de la UNE 12845:2004 .....	382
<b>Tabla 45</b> , Densidades de ocupación. Tabla 2.1 de la Sección SI 3, del DB-SI .....	389
<b>Tabla 46</b> , Tipos de agentes extintores según la clase de fuego. Según la UNE-EN 2 .....	431

**Tabla 47,** *Tabla de obligatoriedad del mercado CE de conformidad con sus normas respectivas* 439

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Figura 1, Vista aérea de la situación de UBE</b> .....	30
<b>Figura 2, Información gráfica de la dirección general de catastro</b> .....	32
<b>Figura 3, Foto de Google Maps</b> .....	33
<b>Figura 4, Ubicación de la zona, donde se va a situar la nave, la marquesina y la caseta</b> .....	34
<b>Figura 5, Cruz de San Andrés (CSA)</b> .....	36
<b>Figura 6, Viga Contraviento (VCV)</b> .....	36
<b>Figura 7, Viga Perimetral (VP)</b> .....	37
<b>Figura 8, Geometría de la nave industrial</b> .....	38
<b>Figura 9, Geometría de la marquesina.</b> .....	39
<b>Figura 10, Geometría de la caseta</b> .....	40
<b>Figura 11, Panel sándwich cubierta resistente al fuego</b> .....	49
<b>Figura 12, Cerramiento de panel armado de hormigón</b> .....	51
<b>Figura 13, Losa alveolares pretensadas. Cerramiento de la caseta</b> .....	51
<b>Figura 14, Configuración y ubicación con relación a su entorno. Anexo I Punto 2.1 del RD 2267/2004</b> .....	54
<b>Figura 15, Detector de humo por rayo infrarrojo</b> .....	65
<b>Figura 16, Sistema manual de alarma de incendios</b> .....	66
<b>Figura 17, Hidrante exterior</b> .....	71
<b>Figura 18, Extintores portátiles</b> .....	73
<b>Figura 19, Boca de Incendio Equipada (BIE)</b> .....	74
<b>Figura 20, Rociador automático de agua</b> .....	75
<b>Figura 21, Señalización extinción</b> .....	78
<b>Figura 22, Señalización evacuación.</b> .....	78
<b>Figura 24, Valor básico de la velocidad del viento, vb. Figura D.1 del CTE-DB-SE-AE</b> .....	101
<b>Figura 25, Direcciones principales de viento en una nave genérica</b> .....	104
<b>Figura 26, Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana. Fig 3.1, CTE-DB-SE-AE</b> 112	
<b>Figura 27, Zonas climáticas de invierno. Figura E.2 del CTE-DB-SE-AE.</b> .....	118
<b>Figura 28, Regiones de diseño para grandes espacios de volumen simple. Fig. 5.1 UNE 23585...</b>	364
<b>Figura 29, Separación para rociadores de techo. Fig. 8 de la UNE EN 12845</b> .....	378

## ÍNDICE DE ECUACIONES:

<i>Ecuación 1, Peso propio</i> .....	96
<i>Ecuación 2, Peso propio, pórtico interior</i> .....	97
<i>Ecuación 3, Peso propio, pórtico fachada</i> .....	97
<i>Ecuación 4, Sobrecarga de uso, pórtico interior</i> .....	99
<i>Ecuación 5, Sobrecarga de uso, pórtico fachada</i> .....	99
<i>Ecuación 6, Presión estática</i> .....	101
<i>Ecuación 7, Presión dinámica</i> .....	101
<i>Ecuación 8, Coeficientes de exposición</i> .....	102
<i>Ecuación 9, F (g, z)</i> .....	102
<i>Ecuación 10, Coeficiente de exposición interior (Cei)</i> .....	110
<i>Ecuación 11, Carga de nieve</i> .....	117
<i>Ecuación 12, Longitud equivalente</i> .....	121
<i>Ecuación 13, Limite de esbeltez reducida</i> .....	121
<i>Ecuación 14, Radio de giro mínimo</i> .....	122
<i>Ecuación 15, Esbeltez reducida máxima</i> .....	122
<i>Ecuación 16, Flecha máxima para un elemento biapoyado</i> .....	311
<i>Ecuación 17, Flecha relativa entre el punto central y el extremo</i> .....	311
<i>Ecuación 18, Comprobación del ELU de resistencia a tracción</i> .....	312
<i>Ecuación 19, Momento máximo en barra biapoyada debido a la carga lineal constante</i> .....	312
<i>Ecuación 20, Densidad de carga de fuego actividad almacenamiento</i> .....	357
<i>Ecuación 21, Densidad de carga de fuego actividad distinta almacenamiento</i> .....	361
<i>Ecuación 22, Determinación de la ocupación</i> .....	362
<i>Ecuación 23, Valor del caudal de aire que entra dentro de un penacho ascendente de humos por encima de un incendio. Ecuación B.2 de la UNE 23585</i> .....	369
<i>Ecuación 24, Profundidad mínima de la capa del depósito. Ecuación F.2 de la UNE 23585</i> .....	370
<i>Ecuación 25, Superficie aerodinámica total libre de aireadores necesaria. Ecuación F.7 de la UNE 23585</i> .....	371
<i>Ecuación 26, Valor crítico de extracción para un aireador. Ecuación F.10 de la UNE 23585</i> .....	371
<i>Ecuación 27, Número de detectores</i> .....	374
<i>Ecuación 29, Distancia entre detectores</i> .....	374
<i>Ecuación 31, Número total de rociadores teórico</i> .....	379
<i>Ecuación 32, Número total de ramales</i> .....	379
<i>Ecuación 33, Distancia entre ramales real</i> .....	380

<b>Ecuación 34, Distancia entre rociadores .....</b>	<b>380</b>
<b>Ecuación 35, Número de rociadores por ramal.....</b>	<b>380</b>
<b>Ecuación 36, Distancia real entre rociadores.....</b>	<b>381</b>
<b>Ecuación 37, Nº de rociadores total real.....</b>	<b>381</b>
<b>Ecuación 38, Caudal unitario del rociador .....</b>	<b>383</b>



# **DOCUMENTO I: MEMORIA**



## INDICE DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA:

1.	JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL PROYECTO	19
2.	OBJETIVO	20
3.	ALCANCE	21
4.	ANTECEDENTES	22
5.	NORMAS Y REFERENCIAS	23
5.1	Disposiciones legales y normas	23
5.1.1	Disposiciones legales y normas aplicadas	23
5.2	Programas de Cálculo	24
5.3	Bibliografía	25
5.4	Otras referencias	25
6.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	27
6.1	Definiciones y abreviaturas productos químicos:	27
6.2	Definiciones y abreviaturas para la parte de la Obra Civil	28
6.3	Definiciones y abreviaturas para la parte de la Instalación Contra Incendios	28
7.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO Y EMPLAZAMIENTO	30
7.1	Breve descripción del proceso que se realiza	30
7.2	Situación y Emplazamiento	32
8.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL	35
8.1	Descripción	35
8.2	Descripción de la nave	37
8.3	Descripción de la marquesina	38
8.4	Descripción de la caseta	39
8.5	Ejecución de la obra	41
8.5.1	Movimiento de tierras	41

8.5.2	Cimentación	41
8.5.3	Solera	43
8.5.4	Estructura metálica	44
8.5.5	Uniones	46
8.5.6	Correas	47
8.5.7	Cubierta	48
8.5.8	Cerramientos	50
8.5.9	Acabados	52
9.	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	53
9.1	Introducción	53
9.2	Características del tipo de nave industrial	53
9.2.1	Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes	55
9.2.2	Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento	58
9.2.3	Evacuación de establecimientos industriales	59
9.2.4	Características de las puertas y pasillos	60
9.2.5	Señalización e iluminación	61
9.2.6	Ventilación y eliminación de humos de combustión	61
9.2.7	Almacenamientos	62
9.3	Equipo requerido en la instalación contra incendios para la Nave Industrial	64
9.3.1	Sistemas automáticos de detección de humos	64
9.3.2	Sistemas manuales de alarma de incendio	65
9.3.3	Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios	66
9.3.3.1	Circuito de agua contra Incendios	67
9.3.3.2	Equipo de bombeo del sistema principal. Características y funcionamiento	68
9.3.4	Sistema de hidrantes exteriores	69

9.3.4.1	Caudal requerido y autonomía.	70
9.3.5	Extintores de incendio	71
9.3.6	Sistemas de bocas de incendio equipadas (Bies)	74
9.3.7	Sistemas de rociadores automáticos de agua.	75
9.3.8	Sistemas de alumbrado de emergencia.	76
9.3.9	Señalización de medios de extinción y de evacuación.	77
9.4	Características de la caseta	78
9.4.1	Uso Administrativo	79
9.4.2	SI1 - Propagación interior	79
9.4.2.1	Compartimentación en sectores de incendio	79
9.4.2.2	Paso de instalaciones a través de elementos de compartimentación de incendios	80
9.4.2.3	Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario	80
9.4.3	SI3 – Evacuación de ocupantes	81
9.4.3.1	Determinación de la ocupación	81
9.4.3.2	Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación	81
9.4.3.3	Señalización de medios de evacuación	81
9.4.4	SI4 – Instalaciones de protección contra incendios	82
9.4.4.1	Extintores portátiles	82
9.4.4.2	Sistema de alumbrado de emergencia	83
9.4.5	SI5 – Intervención de los bomberos	84
9.4.6	SI6 – Resistencia al fuego de la estructura	84
10.	ESTUDIO ECONÓMICO	85
11.	CONCLUSIONES	86



## **1. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto cierra la etapa de formación de mis estudios en el Grado en Ingeniería Mecánica de la Universidad Jaime I.

La idea de este proyecto surgió durante mi estancia en prácticas en la empresa UBE Corporation Europe S.A, en Castellón. Durante dicha estancia realizaba tareas con un software de riesgo basado en inspección, además de salir a campo. En muchas de las salidas que realizaba a campo, iba identificando y asimilando conocimientos adquiridos durante mi formación académica.

En una de esas salidas a campo, pude ver muchas tipologías de naves industriales que se encuentran dentro de dicha empresa, y que me servían para identificar muchos de los conocimientos adquiridos en la asignatura EM1027 – Estructuras y Construcciones Industriales.

Una de las naves industriales que más me fije fue el almacén de “Poliamidas y Química Fina”, debido a su gran envergadura.

Por ello me planteé la idea de basar mi trabajo fin de grado en el cálculo y diseño estructural, además de aplicar el reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RSCIE), para realizar un trabajo fin de grado mucho más completo.

## 2. OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto consiste en la realización del diseño y los cálculos necesarios para la construcción de una nave industrial, con una marquesina y una caseta.

Para realizar dicha nave se tendrán en cuenta estudiar los diferentes materiales estructurales que actualmente hay en el mercado, eligiendo el más óptimo para cada caso. Una vez elegido los elementos estructurales se procederá a su pre-dimensionamiento, y a su descripción y comprobación de la capacidad resistente de los principales, teniendo en cuenta la normativa actual. Las acciones a tener en cuenta serán, las acciones permanentes: más concretamente, el peso propio; Las acciones variables: sobrecarga de uso, viento y nieve.

La mayoría de los cálculos estructurales han sido sacados del programa *CYPE Ingenieros*, y se seguirá el Código Técnico de la Edificación (CTE). Tanto el material estructural como el de la cubierta a instalar, se respetara a la nave ya existente. Finalmente, la estructura obtenida se representara en el DOCUMENTO V: PLANOS.

La última parte del proyecto será la aplicación el reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RSCIE). En esta parte se obtiene en primer lugar la carga de fuego de la nave con la finalidad de poder clasificar la obra según su riesgo intrínseco. Posteriormente se elige el tipo de protección a instalar según lo exige la normativa y su colocación. Finalmente, se representan la disposición los sistemas de protección contra incendios y los diferentes recorridos de evacuación en caso de incendios en el. DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.



### **3. ALCANCE**

Este proyecto abarca el diseño y cálculo de la estructura de una nave industrial, una marquesina y una caseta. Además de la protección de la instalación contra incendios.

Para realizar dicha nave se tendrá que estudiar, el previo diseño de la misma, los distintos materiales estructurales que ofrece el mercado y eligiendo el más adecuado para este caso en concreto, con la justificación de su elección.

Todo ello se realizará bajo la normativa urbanística del polígono Industrial el Serrallo, perteneciente al municipio de Castellón.

## **4. ANTECEDENTES**

La empresa UBE Corporation Europe S.A. se encuentra en constante ampliación y crecimiento económico, lo que le está permitiendo realizar inversiones en vista de aumentar su producción, y con ello sus ventas y clientes. Por ello, ha sido necesaria la construcción de una nave industrial con las características geométricas especificadas en dicho documento.

La actividad que se pretende realizar en dicha nave industrial está enfocada a los procesos de almacenaje y uso logístico.

## 5. NORMAS Y REFERENCIAS

### 5.1 Disposiciones legales y normas

Para la elaboración general de los documentos que constituyen dicho proyecto se ha seguido la Norma UNE 157001 de Junio de 2014, que explica los criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico. También he consultado las siguientes normas, a la hora de elaborar el conjunto de documentos que completan este trabajo, dichas normas son:

- UNE 1027, Dibujos técnicos. Plegado de planos.
- UNE 1037, Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación.
- UNE-EN-ISO 5455, Dibujos técnicos. Escalas (ISO 5456-1:1996)
- UNE-EN-ISO 5457:2000, Documentación técnica de producto. Formatos y presentación y elementos gráficos de las hojas de dibujo.

#### 5.1.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- Documento Básico - Seguridad Estructural – Acciones en la edificación (DB-SE-AE)
- Documento Básico – Seguridad en caso de Incendio (DB-SI)
- Documento Oficial de la Comunidad Valenciana nº 6357, del 17 de Septiembre de 2010, Modificación del Plan General de Ordenación Urbana relativa al trazado de un vial en el polígono el Serrallo.
- Plan General de Ordenación Particular Urbana (PGOU) texto Refundido 2007 – Documento de trabajo, ZI-2.
- Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales según real decreto 2267/2004, del 3 de Diciembre.
- Real Decreto 486/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (BOE núm. 97. De 23 abril de 1997)
- Corrección de errores y erratas del Real Decreto 2267/2004, 3 de diciembre
- Guía Técnica de Aplicación: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales (Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre)
- Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios. Real Decreto 1942/1993, del 5 de noviembre, sobre el mantenimiento mínimo de los medios materiales de lucha contra incendios.

- Real Decreto 1942/1993, de 5 de Noviembre. Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.
- ITC MIE-APQ1: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.
- UNE 23007-14 Sistemas de detección y alarma de incendios: planificación, diseño, instalación, puesta en servicio, uso y mantenimiento.
- UNE-EN 12845 Sistemas fijos de lucha contra incendios. Sistemas de rociadores automáticos. Diseño, instalación y mantenimiento.
- UNE 23500 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.
- UNE-EN 12101-6 Sistemas para el control del humo y el calor. Partes 6. Especificaciones para los sistemas de diferencial de presión.
- UNE 23585 Seguridad contra incendios. Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos (SCTEH)

## 5.2 Programas de Cálculo

Para el cálculo de las estructuras de la nave industrial, de la marquesina y de la caseta. Se ha optado por el programa de Ingeniería CYPE 2016, versión i. Más concretamente he utilizado el programa: “Generador de Pórticos” que permite crear de forma rápida y sencilla la geometría y las cargas de peso propio, sobrecarga de uso, viento y nieve de un pórtico formado por nudos rígidos, celosías o cerchas. Proporciona el dimensionamiento de correas de cubiertas y laterales de fachadas, optimizando el perfil y la separación entre correas. Además, las cargas de viento y nieve se calculan automáticamente, según la norma elegida, con la simple selección por parte del usuario de la localidad donde se sitúa la estructura.

También se ha utilizado el “CYPE 3D” que realiza el cálculo de estructuras en tres dimensiones de barras de acero, mixtas de hormigón y acero, de aluminio, de madera, o de cualquier material, incluido el dimensionamiento de uniones (soldadas y atornilladas de perfiles de acero laminado y armado en doble T y perfiles tubulares) y el de su cimentación con placas de anclaje, zapatas y encepados. Y por último, he utilizado el “Generador de precios” es el camino más directo para llegar al coste real del proyecto, ya que permite la obtención de costes de construcción ajustados al mercado. Incluye productos de fabricantes y productos genéricos.

Para el cálculo de la densidad de carga de fuego,  $Q_s$  se ha utilizado la aplicación online Konstruir.com.

A la hora de elaborar todos los documentos escritos, se ha empleado el paquete de Microsoft Office: de Word, Excel y PowerPoint.

Para elaborar el DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTOS he usado el programa Presto 8.8 debido a su desglose de los diferentes capítulos que componen dicho documento.

Para elaborar el DOCUMENTO V: PLANOS se ha utilizado el software de dibujo y diseño Auto CAD 2016.

### 5.3 Bibliografía

- Temario de la asignatura: EM1027 – Estructuras y Construcciones Industriales.

### 5.4 Otras referencias

- **Página web oficial sobre el Código Técnico de la Edificación.**  
<http://www.codigotecnico.org/>
- **Página web oficial del Ayuntamiento de Castellón de la Plana. Urbanismo.**  
[http://www.castello.es/web30/pages/generico\\_web10.php?cod1=12&cod2=738&con=41483](http://www.castello.es/web30/pages/generico_web10.php?cod1=12&cod2=738&con=41483)
- **Sede Electrónica del Catastro.**<https://www1.sedecatastro.gob.es/OVCFrames.aspx?TIPO=consulta>
- **Página web UBE.**  
<http://www.ube.es/ES/home.asp>
- **Catálogo Dippanel, Cerramiento Cubierta**  
<http://simslu.es/uploads/secure/122/4/CATALOGO%20DIPPANEL.pdf>
- **Portal libre y gratuito sobre construcción. Cálculo de la carga de fuego(Qs)**  
<http://www.konstruir.com/index.php>
- **Enciclopedia Libre**  
<https://www.wikipedia.org/>
- **Constructalia. El portal del acero para la construcción**  
<http://www.constructalia.com/>
- **Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE)**  
<http://www.cnae.com.es/>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**MEMORIA**



- **TodoExtintor empresa de suministros de productos contra incendios**  
<http://www.todoextintor.com/>
- **Perifresa, ofrece soluciones de protección contra incendios**  
<http://www.pefipresa.com/index.php>
- **Reglamentos y Normas UNE. Sistemas contra incendios**  
<http://naikecg.wixsite.com/une-tfg/normas-une>

## 6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

### 6.1 Definiciones y abreviaturas productos químicos:

#### Definiciones:

**Ciclohexanona:** Componente intermedio de 1.6-Hexanodiol y Caprolactama.

**Sulfato de Hidroxilamina:** Componente intermedio de Caprolactama.

**1.6-Hexanodiol:** Componente químico intermedio que se emplea en diversas industrias para obtener Policarbonatodiol y una gran variedad de polímeros y poliésteres, que podemos encontrar en tintas, suelas de calzado deportivo, pinturas, ruedas de patines o industria farmacéutica.

**Caprolactama:** Materia prima de la Poliamida 6 ó Nylon 6, empleado para producir filamentos, fibras y productos termoplásticos.

**1.5-Pentanodiol y Policarbonatodiol:** Compuestos químicos de los que se obtienen poliuretanos de alta calidad, cuyas propiedades potencian la resistencia en productos como suelas de zapatillas deportivas, botas de esquí, pieles sintéticas, suelos de madera, muebles, tintas o componentes de automóvil.

**Sulfato Amónico:** Se obtiene de la elaboración de Caprolactama. Es un fertilizante soluble cuyo aporte de azufre, nitrógeno y otros nutrientes contribuye a que miles de agricultores lo apliquen en sus cosechas.

**Ubesol 45:** Es un Sulfato Amónico de cristal granular, cuya fácil manipulación permite un mejor funcionamiento de las abonadoras, una dosificación más exacta y una distribución sobre el terreno más uniforme.

**Poliàmida 6 (Copoliamidas):** El Nylon o Poliàmida 6 es una primera materia plàstica, obtenida de la Caprolactama. Igualmente, mediante la reacci3n de Caprolactama y otras materias primas en ùnico proceso, se obtienen las Copoliamidas, que aportan nuevas propiedades t3cnicas a estos materiales. Las Poliàmidas y Copoliamidas son imprescindibles hoy en d3a en la industria textil, la de alimentaci3n, la de automoci3n o la cosm3tica.

## 6.2 Definiciones y abreviaturas para la parte de la Obra Civil

### Definiciones:

**Estado Limite ùltimo (ELU):** es un estado l3mite, tal que de ser rebasado la estructura completa o una parte de la misma puede colapsar al superar su capacidad resistente. En general el que un ELU sea sobrepasado es una situaci3n extremadamente grave, que puede provocar cuantiosos daños materiales y desgracias personales. Por esa raz3n los coeficientes de seguridad usados en los c3lculos relacionados con un ELU son principalmente mayores que otro tipo de estados limite.

**Estado L3mite de Servicio (ELS):** Es un tipo de estado limite que, de ser rebasado produce una p3rdida de funcionalidad o deterioro de la estructura, pero no un riesgo inminente a corto plazo. En general, los ELS se refieren a situaciones reparables o que admiten medidas paliativas o molestias no graves a los usuarios. El que un ELS sea rebasado no reviste la misma gravedad que el que un ELU sea sobrepasado. En los c3lculos de comprobaci3n de los ELS se emplean m3rgenes de seguridad m3s moderados que en los ELU.

## 6.3 Definiciones y abreviaturas para la parte de la Instalaci3n Contra Incendios

### Definiciones:

**Instalaci3n mojada:** Instalaci3n en la que la tuber3a est3 permanentemente presurizada con agua.



**Densidad de diseño:** se entiende el caudal que la red es capaz de descargar relativamente a un metro cuadrado de superficie.

**Área de operación:** es el área máxima sobre la cual se supone, para efectos de diseño, que se abrirán los rociadores en caso de incendio

**Abreviaturas:**

**M0:** Los materiales se clasifican en función de su reacción al fuego caracterizada por su combustibilidad y su inflamabilidad. Para esta clase el material es no combustible ante la acción térmica.

**M1:** Material combustible pero no inflamable, lo que implica que su combustión no se mantiene cuando cesa la aportación de calor desde un foco exterior.

## 7. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO Y EMPLAZAMIENTO

### 7.1 Breve descripción del proceso que se realiza

UBE Industries Ltd. es una multinacional japonesa con más de 100 años de historia con sede en Tokio. Y se instaló la sede de su filial UBE Corporation Europe, S.A. en Castellón de la Plana en el año 1994.

La planta se encuentra ubicada en el Polígono Industrial el Serrallo, y cuenta con una superficie de 300.000 m<sup>2</sup> y 40.000 m<sup>2</sup> en la zona del puerto de Castellón *Figura 1, Vista aérea de la situación de UBE.*



*Figura 1, Vista aérea de la situación de UBE*

Respecto a la actividad principal del centro productivo de Castellón, en dichas instalaciones se realiza la fabricación de productos básicos de química orgánica. Distinguiéndose cinco procesos básicos de fabricación, que son:

- Fabricación de ciclohexanona.
- Fabricación de sulfato de hidroxilamina y óleum.
- Fabricación de caprolactama y sulfato amónico (Ubesol 45).
- Fabricación de 1,6 hexanodiol, 1,5 pentanodiol (PDL) y policarbonatodiol (PCL).
- Fabricación de nylon 6 y copolímeros
- Adicionalmente se dispone de instalaciones destinadas a almacenamiento de combustibles y unidades auxiliares.

Los productos finales que se almacenan en la nave de “Poliamidas y Química Fina” que tiene por objeto este proyecto y están listos para su venta y envío en los camiones pertinentes, son los siguientes:

- **Poliamida 6 ó Nylon**, que se almacena en Octavines (Embalaje de alto rendimiento para el transporte y el almacenamiento de material voluminoso) de 700 a 750 Kg. También puede estar almacenado en Big-bag (sacos de grandes dimensiones) de 900Kg. Y por último, también se pueden almacenar en palés de madera con hasta 1000kg, con sacos de 25kg, es decir con unos 40 sacos por pallets.
- **Pentanodiol (PDL)**, se almacena en bidones metálicos con una capacidad de 220 litros.
- **Hexanodiol 1.6**, también se almacena en bidones metálicos con una capacidad de 220 litros.

Cabe decir que todos los productos mencionados anteriormente, se almacenan en estanterías a distinta alturas.

Por lo tanto según la CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas), las actividades que se realizarán en dicho establecimiento son:

- **H – Transporte y almacenamiento, 5210** – Depósito y almacenamiento.
- **G – Comercio al por mayor y al por menor, 4675** – Comercio al por mayor de productos químicos.

En resumen la nave industrial, está destinada a la actividad de almacenaje, en cuanto a la marquesina se procederá a realizar la carga y descarga del producto de los camiones, y en la caseta se realizarán las labores logísticas pertinentes.

## 7.2 Situación y Emplazamiento

La empresa UBE Corporation Europe, S.A. se encuentra ubicada en las coordenadas UTM 755.708 km Este y 4427.334 km Norte. Y su referencia catastral es la 064. *Figura 2, Información gráfica de la dirección general de catastro.*

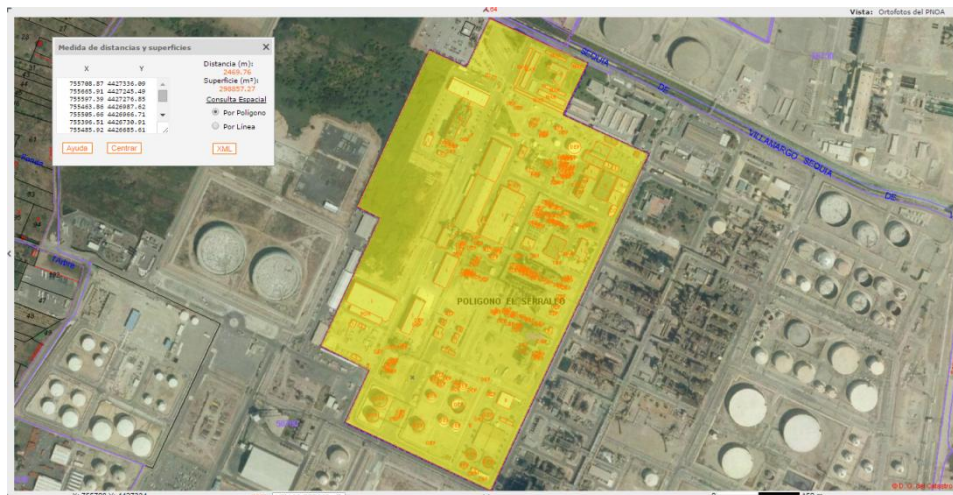


Figura 2, Información gráfica de la dirección general de catastro

Su emplazamiento se encuentra en el Polígono industrial el Serrallo, en el término municipal de Castellón de la Plana, y se encuentra delimitada por la zona Este por el puerto de Castellón y el mar Mediterráneo, la zona Sur por el término municipal de Almazora, por la Oeste por la ciudad de Castellón de la Plana, y por la zona Norte por el Grao de Castellón. *Figura 3, foto Google Maps*



*Figura 3, Foto de Google Maps*

Al Polígono industrial el Serrallo se puede acceder, tanto por vía terrestre como por vía marítima (más concretamente por el puerto del Grao de Castellón).

Las vías terrestres son las siguientes:

- Zona Oeste: Por la vía CS-22 Acceso sur al Puerto de Castellón, dirección de la AP7/N340 al Puerto de Castellón.
- Zona Sur: Por la vía CV-183, dirección Almazora al Grao de Castellón.
- Zona Este: Por la vía Po Serrallo que da a parar al Puerto de Castellón.
- Zona Norte: Por la vía N-225, dirección Grao de Castellón a Almazora.

Cabe comentar que la planta se divide por zonas según el tipo de producto que se elabora, a su vez dichas zonas se dividen en unidades.



La zona en la cual se va a situar la nave, junto a la marquesina y la caseta tiene unas dimensiones de 100x68 m, por lo que la superficie total es de 6800 m<sup>2</sup>. Más concretamente la zona linda con la “Losa de Contratistas” y con la zona del “Almacén de azufre” y las unidades pertinentes en dichas zonas. *Figura 4, Ubicación de la zona, donde se va a situar la nave, la marquesina y la caseta*

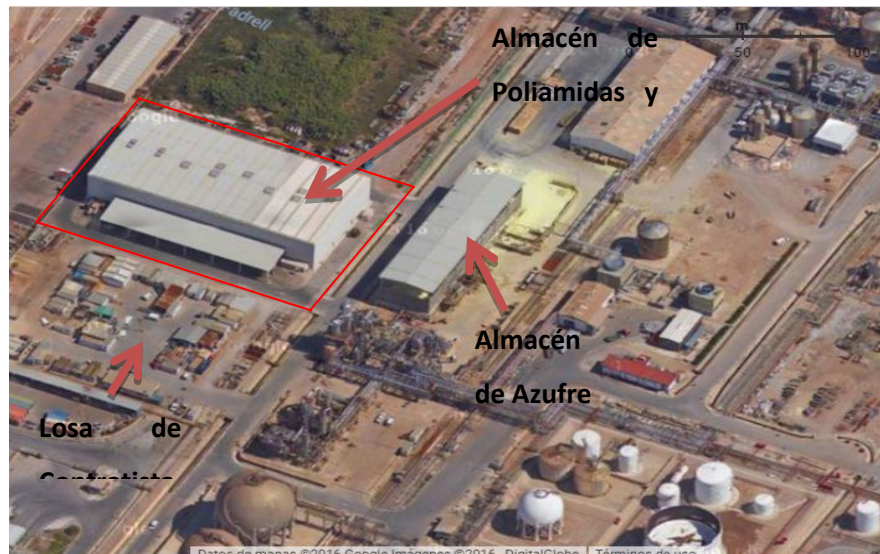


Figura 4, Ubicación de la zona, donde se va a situar la nave, la marquesina y la caseta

El “Plan General de Ordenación Urbana (PGOU) texto Refundido 2007 – Documento de trabajo, ZI-2. Zonas de uso exclusivo industrial de industria pesada”, al que se somete el polígono el Serrallo, más concretamente el objeto de este proyecto. No especifica una altura máxima ni mínima para la altura de cumbrera. Exige que los retranqueos a las reservas de las vías sean como mínimo de 5 metros. Y está permitido el uso de almacenes del tipo C, que es nuestro caso.

En el *DOCUMENTO V: PLANOS* se detalla más específicamente, la distribución de las distintas zonas de las que dispone UBE y más concretamente de la zona de ubicación del “Almacén de Poliamidas y Química Fina”.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA CIVIL

### 8.1 Descripción

En este capítulo se detallan las características y necesidades que presenta la nave industrial debido al uso que se le da en su interior. Se procede, a describir el tamaño previsto de la nave y se define el número de pórticos de los que consta tanto la nave como la marquesina y la caseta, obteniendo así una primera aproximación de cómo será la estructura. También se procederá a explicar los procesos a seguir para su construcción.

Por lo que atañe, a la nave con la marquesina y la caseta, se encuentra distanciada del resto de zonas a una distancia de más de 20 m. Por lo que, cumple la normativa vigente, y evita tener que concretar el sistema de protección contra incendios para la propagación del fuego con las otras edificaciones colindantes y no exista problemas a la hora de accesibilidad tanto a la nave, la marquesina y a la caseta.

En cuanto, al tema de elección del material de la estructura, se ha seleccionado acero estructural.

Además de disponer la estructura del conjunto de pórticos, también se dispone de otros elementos que cumplen las exigencias básicas de seguridad industrial:

- **Cruz de San Andrés (CSA):** Se trata de un tipo de arriostramiento compuesto por unos tirantes entre ciertos nudos en los laterales de la nave para que la nave sea estructuralmente estable. Se calcula bajo la hipótesis de viento frontal exterior más la succión interior. Las reacciones en los apoyos de la viga contraviento son absorbidas por las cruces de San Andrés. *Figura 5, Cruz de San Andrés (CSA).*

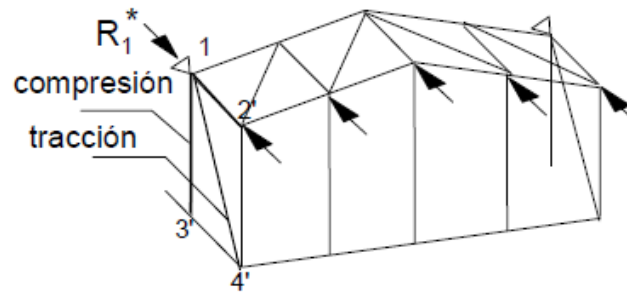


Figura 5, Cruz de San Andrés (CSA)

- **Viga contraviento (VCV):** La exigencia básica de aptitud al servicio del sistema de arriostramiento contraviento por lo general no es activa para sus elementos (VCV-CSA-VP), dado que los criterios de integridad, confort y apariencia no son de aplicación. Solo el criterio de apariencia será de aplicación para elementos de longitud importante en los que su peso propio pueda producir una flexión apreciable. Orientativamente esto ocurre para elementos de más de 6 m. de longitud. *Figura 6, Viga contraviento (VCV).*

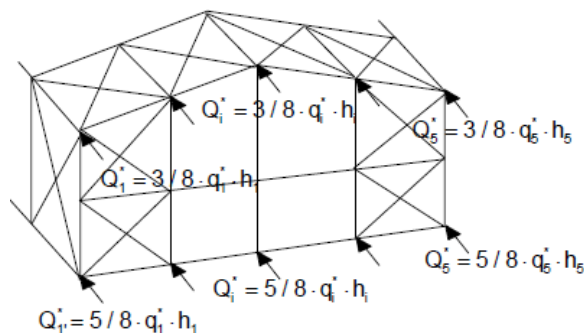


Figura 6, Viga Contraviento (VCV)

- **Viga perimetral (VP):** Canaliza cualquier empuje movilizado por intento de pandeo de los pórticos interiores a la Cruz de San Andrés (CSA). Se trata de una barra de arriostramiento (atado) que trabaja a tracción. *Figura 7, Viga Perimetral (VP)*



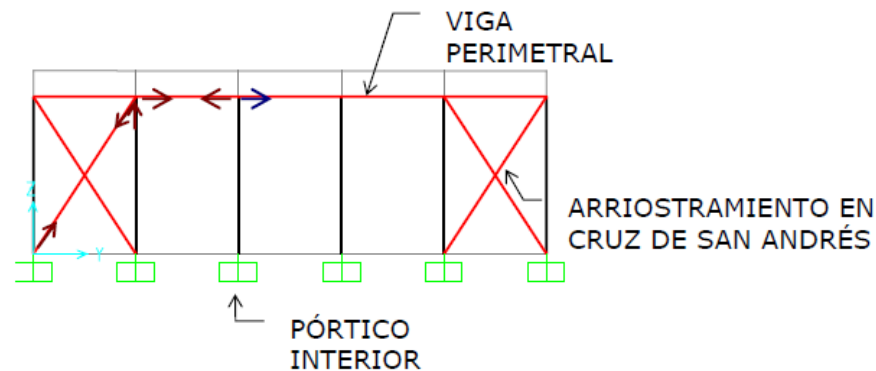


Figura 7, Viga Perimetral (VP)

## 8.2 Descripción de la nave

La nave a realizar esta ubicada en una parcela rectangular, la parcela ocupa un total de 6800 m<sup>2</sup>. Además, se considera que dispone de abastecimiento de agua, red de saneamiento y suministros de energía para los trabajos que tengan que realizar en el lugar de la obra.

La nave tiene unas dimensiones de 42 metros de luz, y 85,84 metros de longitud, es decir, con una superficie total de 3605,28 m<sup>2</sup>. La estructura está formada por 8 pórticos rígidos a dos aguas separados a una distancia de 10,73 metros y la altura de los pilares será igual a 11 metros, mientras que la altura de cumbrera será de 13 metros. Esto equivale a una pendiente de cubierta de 5,44°. *Figura 8, Geometría de la nave industrial.*

Resumen de las características de la nave:

- Altura de los Pilares: 11 m.
- Altura de Cumbrera: 13 m.
- Luz: 42 m.
- Profundidad: 85,84 m.
- Superficie: 3605,28 m<sup>2</sup>.
- Pendiente de cubierta: 5,44°.
- Numero de Pórticos: 8.
- Separación entre Pórticos: 10,73 m.

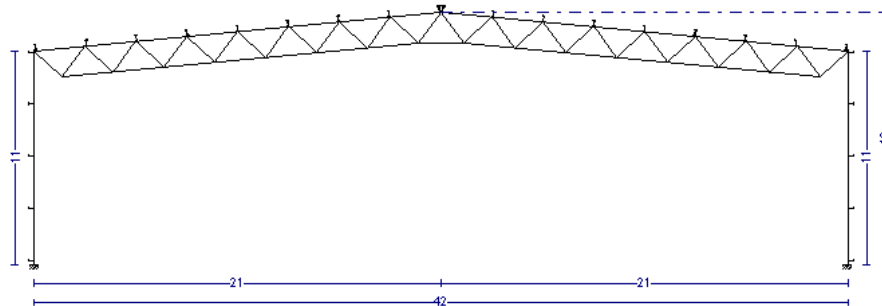


Figura 8, Geometría de la nave industrial

El diseño de la estructura se ha realizado atendiendo al uso y a las necesidades que se requiere según la actividad que se va a dar. Y cumpliendo con las normativas vigentes. Para el caso de la nave, se requiere de un gran espacio diáfano, libre de pilares y elementos constructivos, donde desarrollar la actividad industrial. La solución más eficiente es a base de vigas en celosía, debido a la gran luz de 42 metros que presenta la nave.

La nave se encontrara ejecutada de manera que, en el caso se quisiera prescindir de la marquesina o de la caseta el día de mañana, no se viera afectada la nave industrial, por no estar diseñada para soportar las acciones a las que se encuentre sometidas.

### 8.3 Descripción de la marquesina

Al igual que la nave, la marquesina se encuentra dentro de la parcela rectangular, la parcela ocupa un total de 6800 m<sup>2</sup>.

La marquesina tiene unas dimensiones de 13 metros de luz, y 64,38 metros de longitud, es decir, con una superficie total de 836,94 m<sup>2</sup>. La estructura está formada por 6 pórticos rígidos a un agua separados a una distancia de 10,73 metros y la altura de los pilares será igual a 6,55 metros, mientras que la altura de cumbrera será de 7,67 metros. Esto equivale a una pendiente de cubierta de 4,92°. La marquesina se unirá a la nave industrial del primer pórtico interior al último pórtico interior. *Figura 8, Geometría de marquesina.*

Resumen de las características de la nave:

- Altura de los Pilares: 6,55 m.
- Altura de Cumbre: 7,67 m.
- Luz: 13 m.
- Profundidad: 64,38 m.
- Superficie: 836,94 m<sup>2</sup>.
- Pendiente de cubierta: 4,92°.
- Numero de Pórticos: 6.
- Separación entre Pórticos: 10,73 m.

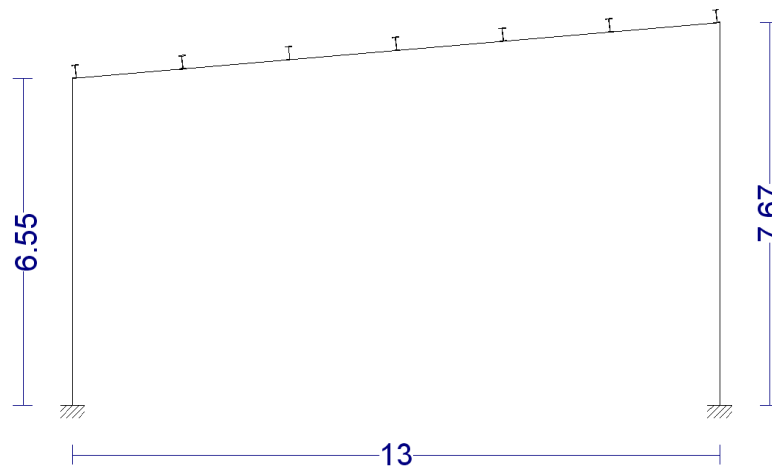


Figura 9, Geometría de la marquesina.

La marquesina al igual que la nave se encontrara ejecutada de manera que, en el caso se quisiera prescindir de la nave industrial o de la caseta el día de mañana, no se viera afectada la marquesina, por no estar diseñada para soportar las acciones a las que se encuentre sometidas.

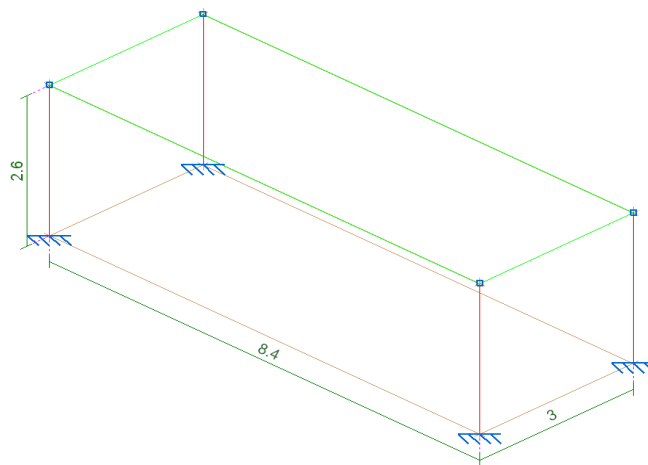
#### 8.4 Descripción de la caseta

Al igual que la nave y la marquesina, la caseta se encuentra dentro de la parcela rectangular, la parcela ocupa un total de 6800 m<sup>2</sup>.

La caseta tiene unas dimensiones de 3 metros de luz, y 8,4 metros de longitud, es decir, con una superficie total de 25,2 m<sup>2</sup>. La altura de los pilares será igual a 2,6 metros. *Figura 9, Geometría de la caseta.*

Resumen de las características de la nave:

- Altura de los Pilares: 2,6 m.
- Luz: 3 m.
- Profundidad: 8,4 m.
- Superficie: 25,2 m<sup>2</sup>.



*Figura 10, Geometría de la caseta.*

La caseta se encontrara ejecutada de manera que, en el caso se quisiera prescindir de la nave industrial o de la marquesina el día de mañana, no se viera afectada la caseta, por no estar diseñada para soportar las acciones a las que se encuentre sometidas.

## 8.5 Ejecución de la obra

### 8.5.1 *Movimiento de tierras*

El movimiento de tierra es el primer paso a ejecutar antes de las cimentaciones, que se realiza mediante medios mecánicos o manuales y que consta de: en primer lugar, realizar una limpieza y desbroce general del solar.

En segundo lugar, nivelar y compactar el terreno. En tercer lugar, se procederá al replanteo de las bases de cimentación (zapatas rígidas, vigas de atado y centradoras), para posteriormente realizar las tareas de excavación hasta donde sea necesaria según las especificaciones del DOCUMENTO V: PLANOS.

Se dispondrá de puntos fijos de referencia tanto dentro como fuera de la zona edificable, en lugares donde no se ven afectados por la excavación de las zapatas y vigas centradoras y de atado. A los cuales se referirán todas lecturas de cotas de nivel y desplazamiento horizontales y verticales de los puntos del terreno.

Y por último, se realiza una comprobación por la dirección técnica, que considere que no haya ninguna equivocación y que tanto la profundidad como el firme son correctos. Una vez hecho esto se puede pasar a las cimentaciones.

### 8.5.2 *Cimentación*

Este elemento es el encargado de transmitir al terreno las cargas transmitidas por uno o por varios pilares de la estructura, de los forjados o de toda la estructura, de tal manera que el terreno soporte dichos esfuerzos sin que supere su capacidad portante, impidiendo que esta se mueva, adquiriendo la estabilidad correspondiente. El tipo de cimentación a emplear variará según el tipo y características del terreno. Por ello es necesario realizar un estudio geotécnico. En este caso, como se carece de esta información, se opta por establecer un tipo de suelo estándar.

Una vez el terreno esté listo y en buenas condiciones, se pasa a la cimentación. Tras comprobar que el suelo es estable, al igual que la capacidad portante (capacidad para soportar cargas) del terreno es suficiente. La cimentación será superficial. Una vez hecho esto, se pasara al relleno con hormigón de los pozos para las zapatas y las riostras. Los pozos para las zapatas serán de profundidad variable según la placa de anclaje y los pernos que se deban emplear. Los pilares se unirán a la cimentación mediante placas de anclaje.

La cimentación se resolverá mediante zapatas de hormigón HA-25/B/30/I, encajado en el terreno, y armadas con aceros B-500S. Se pueden distinguir los siguientes tipos de zapatas armadas cuyas dimensiones serán, *Tabla 1, Resumen del tipo de zapatas*:

	Ancho (cm)	Largo (cm)	Canto (cm)
<b>Tipo 1 (Nave)</b>	275	505	205
<b>Tipo 2 (Nave)</b>	80	80	70
<b>Tipo 3 (Nave)</b>	255	505	210
<b>Tipo 4 (Marquesina)</b>	175	335	140
<b>Tipo 5 (Caseta)</b>	60	60	60

*Tabla 1, Resumen del tipo de zapatas*

Estas zapatas se arriostran entre sí con:

- Vigas de atado de 40x40 cm (para la marquesina).
- Vigas centradoras de 40x60 cm de sección (para la marquesina).
- Vigas centradoras de 40x50 cm de sección (para la caseta).
- Vigas centradoras de 40x60 cm de sección (para la nave).
- Vigas de atado de 40x60 cm (para la nave).

Las vigas de atado y las vigas centradoras son de hormigón HA-25/B/30/I, armadas con aceros B-500S.

La finalidad de las vigas riostras es absorber las posibles acciones horizontales que pueden recibir los cimientos bien de la estructura bien del propio terreno, evitando de esta forma el desplazamiento horizontal relativo de uno respecto a otro. El dimensionamiento de estas vigas será gran importancia para la estructura ya que, el cerramiento lateral descansara como carga distribuida a lo largo de estas.

El peso de nuestro cerramiento lateral es de  $500 \text{ kg/m}^2$  y este cerramiento tendrá una altura de 11 m. Según la tabla 4.1 del CTE-DB-SE, el coeficiente de mayoración debido al peso propio es de 1,35; por lo tanto el valor de sobrecarga de compactación del terreno será:

$$500 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \cdot 11\text{m} \cdot 1,35 = 7425 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} \cdot \frac{9,81\text{N}}{1\text{Kg}} \cdot \frac{1\text{KN}}{1000\text{N}} = 72,84 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Este será el valor de carga muerta lineal sobre las vigas de atado y vigas centradoras de la nave. A la hora de introducir dicha carga en CYPE no he considerado la carga mayorada ya que el programa me la mayora.

Previo al vertido del hormigón, tanto en las zapatas, como en las vigas centradoras se colocara una capa de 10 cm de hormigón de limpieza que tendrá la función de regularizar la superficie del terreno, creando una superficie nivelada para la correcta colocación de los separadores de la armadura.

Tanto el dimensionado, como los cálculos y la justificación de las soluciones adoptadas se desarrollan en el DOCUMENTO II: ANEXO III: Comprobaciones

### 8.5.3 Solera

Este elemento es un piso de hormigón que se sustenta sobre el terreno. Se establece como un conjunto de losas de hormigón en masa o armadas, y son en general de espesor constante, de dimensiones limitas y de planta rectangular cuadrada. Estas losas entre ellas tienen entre sí juntas. A la hora de apoyar la solera al terreno, se puede realizar directamente o añadiendo una sub-base que sirve para mejorar las condiciones de apoyo.

Las losas de hormigón en masa son de espesor uniforme aunque pueden tener las juntas reforzadas o armadas con pasadores para la transmisión de cargas. El espesor de la losa es importante definir lo correctamente, ya que debe aguantar las cargas de toda la nave. El espesor debe ser el suficiente para que no se alcance la resistencia a flexo tracción del hormigón bajo la acción de las cargas aplicadas en su superficie.

En cuanto al tipo de solera, a utilizar. Primero cabe de decir, que se ha seguido la norma EHE-08. Las losas según dicha norma están clasificada en cuatro grupos diferentes. Para este proyecto se ha elegido la tipo A, losa de hormigón en masa, que es la que mejor se adapta a nuestra obra.

El hormigón empleado es el HA-25. El pavimento de la nave será de 20 cm de espesor con fibras metálicas con una dosificación de  $25\text{Kg/m}^2$ , y acabado fratasado mediante helicóptero. Se realizaran juntas de dilatación con cuadrículas de 5x5. Además de un acabado con corindón con una dosificación de  $2\text{kg/m}^2$ .

#### **8.5.4 Estructura metálica**

La estructura que se ha explicado anteriormente, queda formada por un listado de barras o tirantes. Su finalidad es de resistir y transmitir las cargas del edificio a la cimentación y el terreno, manteniendo la geometría sin sufrir deformaciones incompatibles. Las dimensiones de dichas barras, como la disposición de las mismas queda detallada en el DOCUMENTO V: PLANOS.

Para la construcción de los pilares se ha elegido productos laminados en caliente, más concretamente perfiles HEB e IPE. Para las cerchas se ha empleado perfiles huecos laminados en caliente con distintas geometrías: cuadradas (#80X6) y rectangulares (RHS200X150X12). Tanto para las vigas perimetrales como los montantes, se emplea perfiles huecos laminados en caliente con geometría cuadrada (#160X5) y (#40X2). Y por último para los arriostramientos, que se empleara en la cubierta y en la fachada lateral y en los pórticos de fachada, que formaran las cruces de San Andrés (CSA), he seleccionado un perfil angular simétrico (L250X250X17) y (L150150X10). Para el caso de las vigas de la marquesina y la caseta, se emplearan perfiles IPE. Todos los perfiles tienen una clase del acero S275.



Listado para la Nave industrial. *Tabla 2, Resumen de medición de la Nave Industrial:*

Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 220 B	44.000	262.786		0.400	4.887		3143.14	38363.69	
			HE 340 B	154.000			2.632			20660.10		
			HE 650 B	64.786			1.855			14560.44		
		RHS	RHS 200x150x12.0	759.347	5.461	42867.28						
				759.347	5.461	42867.28						
		Huecos cuadrados	#80x6	660.136	1.089	8547.76						
			#160x5	491.740	1.479	11610.40						
		L	L 150 x 150 x 10	580.933	1.702	13361.75						
			L 250 x 250 x 17	240.736	1.976	15515.10						
					821.670	3.679	28876.85					
				2995.680		16.594						<b>130265.99</b>

*Tabla 2, Resumen de medición de la Nave Industrial.*

Listado para la Marquesina. *Tabla 3, Resumen de medición de la Marquesina:*

Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	IPE	IPE 240	45.850	137.187		0.179	1.403		1407.30	11015.05	
			IPE 550	91.337			1.224			9607.75		
		Huecos cuadrados	#40x2	64.380	0.019	146.53						
				64.380	0.019	146.53						
				201.567		1.422						<b>11161.58</b>

*Tabla 3, Resumen de medición de la Marquesina.*

Listado para la Caseta. *Tabla 4, Resumen de medición de la Marquesina:*

Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	IPE	IPE 240	10.400	33.200		0.041	0.101		319.21	795.68	
			IPE 220	16.800			0.056			440.48		
			IPE 80	6.000			0.005			35.98		
					33.200		0.101					<b>795.68</b>

*Tabla 4, Resumen de medición de la Caseta.*

Además de cumplir con todas las comprobaciones resistentes, los pilares y las vigas cumplen con la comprobación de flecha, siendo está limitada a L/250 para pilares y a L/300 para las vigas.

Tanto el dimensionado, como los cálculos y la justificación de las soluciones adoptadas se desarrollan en el ANEXO II: Predimensionamiento y ANEXO III: Comprobaciones

### 8.5.5 Uniones

La estructura estará unida a la cimentación por medio de las placas de anclaje, al igual que con los pilares. Los anclajes están compuestos por una placa de anclaje con rigizadores (para aumentar su rigidez) y pernos soldados. Los pernos son elegidos del tipo gancho a 180 °, para de esta forma tener un factor de reducción a la tracción de 0,7 y por tanto, disminuir la longitud necesaria para estos pernos de anclaje, y así reducir la profundidad requerida de las zapatas.

Distinguimos hasta cinco tipos de anclajes según las dimensiones y/o número de pernos y longitud. Tabla 5. Resumen de tipos de uniones que aparecen.

TIPOS	DESCRIPCIÓN	PILARES QUE SOPORTAN
1	Ud., placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de 450x450 mm y espesor 25 mm. Con dos rigizadores paralelos al eje X, con un perfil de 100 mm, un borde de 0 mm y un espesor de 6 mm Además de dos rigizadores paralelos al eje Y, con un perfil de 100 mm, un borde de 0 mm y un espesor de 9 mm. Con 8 pernos soldados, de 20 mm de diámetro y 50 cm de longitud total con gancho a 180°.	Los pilares esquineros del pórtico de la nave (HEB220)
2	Ud., placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de 650x700 mm y espesor 35 mm. Con dos rigizadores paralelos al eje Y, con un perfil de 200 mm, un borde de 0 mm y un espesor de 14 mm. Con 8 pernos soldados, de 32 mm de diámetro y 90 cm de longitud total con gancho a 180°.	Los pilares del pórtico interior de la nave y de la marquesina (HEB340)
3	Ud., placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de 650x1000 mm y espesor 40 mm. Con dos rigizadores paralelos al eje Y, con un perfil de 300 mm, un borde de 130 mm y un espesor de 14 mm. Con 12 pernos soldados, de 40 mm de diámetro y 105 cm de longitud total con gancho a 180°.	Los pilares hastiales del pórtico de fachada de la nave (HEB650)

Tabla 5, Resumen del tipo de uniones que aparecen

TIPOS	DESCRIPCIÓN	PILARES QUE SOPORTAN
4	Ud., placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de 250x40 mm y espesor 15 mm. Con dos rigizadores paralelos al eje Y, con un perfil de 100 mm, un borde de 25 mm y un espesor de 5 mm. Con 4 pernos soldados, de 14 mm de diámetro y 40 cm de longitud total con gancho a 180º.	Los pilares del pórtico interior de la marquesina (IPE 240)
5	Ud., placa de anclaje de acero S275 en perfil plano, de 200x350 mm y espesor 18mm. Los rigizadores son paralelos al eje Y, con un perfil de 100 mm, un borde de 50 mm y un espesor de 4 mm. Con 4 pernos soldados, de 12 mm de diámetro y 50 cm de longitud total con gancho a 180º.	Los pilares esquineros de la caseta (IPE240)

Tabla 5, Resumen del tipo de uniones que aparecen

En el DOCUMENTO II: ANEXO III: Comprobaciones podemos consultar las especificaciones y comprobaciones de las placas de anclaje.

#### 8.5.6 Correas

Las correas constituyen el componente estructural de una cubierta de tipo tejado, se disponen en el plano de la cubierta y apoyan en las alas superiores de las celosías del sistema estructural del edificio.

La separación entre correas es función del material de cobertura y de su geometría (modulo resistente) de la disposición constructiva, dimensiones.

Las correas a base de vigas de alma llena se configuran con perfiles laminados en caliente (IPE) o conformados en frio CF o ZF obedeciendo a la selección de criterios económicos.

Tanto para la nave industrial, como para la marquesina se ha seleccionado para las correas de cubierta una fijación rígida, con un perfil IPE con vigas continuas a tres vanos. La disposición de las correas en cubierta, para la *Nave Industrial* se ha elegido una correa del tipo IPE 200, colocadas a una distancia de 1,05 metros. Esta correa tiene un peso de 0,22 KN/m<sup>2</sup>. Su aprovechamiento es del 96,96 % de resistencia y 41,05 % en cuanto a flecha. Para la *Marquesina* se ha elegido una correa del tipo IPE 270, colocadas a una distancia de 2,1 metros. Esta correa tiene un peso superficial de 0,19 KN/m<sup>2</sup>. Su aprovechamiento es del 40,24 % de resistencia y 99 % en cuanto a flecha.

Para la correas laterales de la nave industrial se ha selección una fijación rígida, con un perfil IPE con vigas continuas a tres vanos. La disposición de las correas laterales, para la *Nave industrial* se ha elegido una correa del tipo IPE 240, colocadas a una distancia de 2,6 metros. Esta correa tiene un peso de 0,07 KN/m<sup>2</sup>. Su aprovechamiento es del 97,17 % de resistencia y 53 % en cuanto a flecha.

En el *DOCUMENTO II: Anexos III* se detalla los perfiles escogidos y las comprobaciones que cumplen y en *DOCUMENTO V: Planos* se detalla la geometría y la disposición de las mismas.

### **8.5.7 Cubierta**

La cubierta es el conjunto de elementos que constituyen el cerramiento superior de un edificio y que están comprendidos entre el techo y el acabado en contacto con el ambiente exterior. Las funciones que debe cumplir son tanto estructurales como constructivas. Entre las funciones estructurales resaltan la estabilidad y la resistencia mecánica. En cuanto a las funciones constructivas resaltan las condiciones de salubridad y estanqueidad (impermeabilidad), la protección contra incendios y el aislamiento térmico y acústico. En lo que concierne a la protección contra incendios debe cumplirse la normativa, RSIEI y el CTE-DB-SI.

En cuanto a la cubierta a utilizar, tanto para la nave industrial como la marquesina se utilizara una cubierta con paneles tipo sándwich. *Figura 11, Panel sándwich cubierta resistente al fuego* El panel metálico es autoportante y está compuesto por dos chapas de acero galvanizado, pre lacado y un alma aislante de lana de roca.

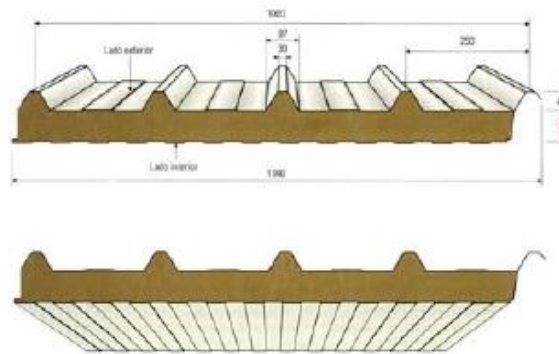


Figura 11, Panel sándwich cubierta resistente al fuego

Estos paneles sándwich, tiene sus respectivas acreditaciones en cuanto a la reacción al fuego, conforme con el Decreto Ministerial del 26/06/84 la clase de reacción al fuego o en su instalación en cubierta. Y en cuanto a insonorización, los paneles han sido ensayados de acuerdo a las normas UNI 827/7 e ISO 717/82, y han sido obtenido los valores de  $R_w=29-30$  dB.

Entre los varios espesores que hay en el catálogo, se ha elegido el panel sándwich que más se ajusta a la distancia entre las correas de cubierta. Tabla 6. Luces admisibles según los espesores del panel sándwich cubierta resistente al fuego.

S	k	Peso panel		Diagrama de luces														
		kg/m <sup>2</sup>		p = (daN/m <sup>2</sup> )														
min	Kcal m <sup>2</sup> h °C	Watt m <sup>2</sup> °C	0,50 + 0,50	60	80	100	120	150	200	250	60	80	100	120	150	200	250	
50	0.51	0.59	16.75	L	3.94	3.37	2.80	2.39	1.96	1.49	1.24	4.32	3.66	3.36	2.97	2.44	1.88	1.54
80	0.35	0.41	19.75	L	4.30	3.54	3.24	2.84	2.62	2.17	1.77	4.82	4.21	3.94	3.70	3.15	2.51	1.74
100	0.29	0.34	21.75	L	4.53	3.00	3.53	3.30	2.99	2.55	2.07	5.25	4.53	4.22	3.97	3.57	3.05	2.44
120	0.25	0.29	23.75	L	4.77	3.97	3.82	3.67	3.43	2.87	2.34	5.40	4.67	4.35	4.10	3.78	3.34	2.74
150	0.21	0.24	26.75	L	5.14	4.38	4.20	4.03	3.78	3.15	2.57	5.73	5.08	4.73	4.45	4.10	3.82	2.97

Tabla 6, Luces admisibles según los espesores del panel sándwich cubierta resistente al fuego

Según la *Tabla 6*, la distancia entre correas de cubierta que más se ajusta, a la distancia dispuesta entre correas es la de 2,07 m. Por lo tanto el espesor de panel sándwich escogido es de 100 mm. Con un peso del panel de 0,213 KN/m<sup>2</sup>. La resistencia al fuego para ese espesor es REI 60 / RE 120. Por lo que se cumple con las exigencias del RSCIEI que nos exige un R 15 (Según la tabla 2.4 del Anexo II del RD 2267/2004). La cubierta se sujetara mediante pernos a las correas de cubierta. La cubierta esta inclinada y no será transitable excepto para las labores de mantenimiento.

Los paneles tipo sándwich son uno de los sistemas más utilizados para los cerramientos de cubiertas en naves industriales. Ya que este tipo de cubiertas permite aligerar las cargas, debido a su baja densidad. En cuanto al montaje se estos paneles es rápido, ya que los paneles disponen de solapes entre chapas, por lo que no requiere de trabajos previos.

Para el caso de la caseta, para la formación de pendiente, se empleara una cubierta plana no transitable, no ventilada, con arcilla expandida de 350kg/m<sup>3</sup> de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie lechada de cemento, con espesor medio de cemento de 4 cm de espesor.

### **8.5.8 Cerramientos**

La nave dispondrá de cerramientos laterales de tipo panel armado de hormigón prefabricados, que pesan 4,9 KN/m<sup>2</sup>, además tendrá una resistencia al fuego de EI 240 que nos lo exigirá el RD 2267/2004. *Figura 12, Cerramiento de panel armado de hormigón.* Los paneles representan una verdadera ventaja, dado que permiten lograr mejores prestaciones que los sistemas tradicionales, a un tiempo significativamente menor y con un acabado perfecto. Todas estas características hacen de los paneles armados de cerramiento un material idóneo para el cerramiento de edificios industriales, como es este caso. Los materiales empleados en la fabricación son el hormigón HA-25/F/20/IIa y el acero B500.

El peso de estos cerramientos recae sobre las vigas riostras por lo tanto no tendrá efecto alguno sobre los elementos de la estructura. Los paneles de cerramiento tendrán 20 cm de espesor, con 2,5 metros de alto y, de largo 10,73 metros para el cerramiento lateral y para el cerramiento del pórtico de fachada 10,5 metros.

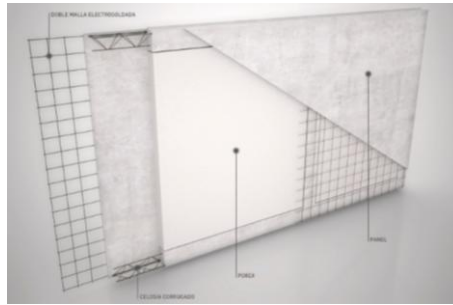


Figura 12, Cerramiento de panel armado de hormigón

Para el cerramiento de fachada de la caseta, se emplearán losas alveolares pretensadas del tipo 150x1200 mm y un peso de 2,01 KN/m<sup>2</sup>. *Figura 13, Losas alveolares pretensadas* Con una resistencia al fuego REI 180, por lo que cumple con las exigencias de la tabla 3.1 del DB-SI5 que nos exige un mínimo de R 60.

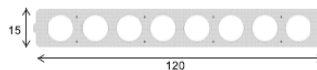


Figura 13, Losa alveolares pretensadas. Cerramiento de la caseta.

Este tipo de losas alveolares pretensadas para los cerramientos, tienen las ventajas de: adaptabilidad a cualquier tipo de estructura, peso reducido, ausencia de mantenimiento, posibilidad de ser desmontada y reutilizada, no precisa de revestimiento, montaje fácil y rápido, y buenos coeficientes de aislamiento.

### 8.5.9 Acabados

En el pórtico interior número 5 de la nave industrial, existirá un cerramiento intermedio que delimitara ambos sectores y que culminara hasta la cubierta. Dicho cerramiento será del tipo panel armado de hormigón, del mismo tipo que el cerramiento de fachada de la nave. Ambas sectorizaciones se pueden ver en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

También se incluirá 1 puerta interior, con lo que respecta a las puertas exteriores, tendrá 2 puertas pre levas, que permiten la entrada y salida de los toritos. Y varias puertas de emergencia, más concretamente de 14 puertas que servirán de salidas de emergencia en caso de incendio. Además, también habrá ventanas más concretamente 11. La caseta dispondrá de una puerta de acceso y salida, y de una ventana.

En los elementos de la estructura se aplicará un revestimiento con pintura intumescente R90. Para satisfacer las exigencias de resistencia frente al fuego, se ha optado por aplicar una capa de pintura intumescente de conductividad  $0,10 \frac{W}{m \cdot K}$ , aplicada a los elementos metálicos de la estructura.



## 9. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

### 9.1 Introducción

En el presente apartado del proyecto se pretende dimensionar la instalación de protección contra incendios para una nave industrial destinada al almacenamiento de “poliamidas y química fina”. Se tiene el fin de recopilar toda la información necesaria para posibilitar la realización dentro de los marcos legales, así como definir las características y componentes de toda la instalación contra incendios de la nave industrial, de la marquesina y de la caseta.

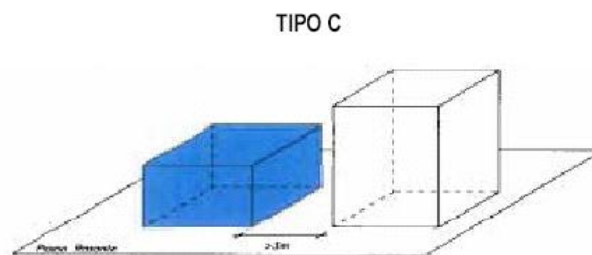
Además, se pretende definir los requisitos que deben cumplir los establecimientos industriales para garantizar su seguridad en caso de incendio. También se van a definir los requisitos que deben cumplir los establecimientos industriales para prevenir la aparición de incendios, así como para tomar la mejor decisión en caso de incendio, limitar la propagación y posibilitar la extinción para anular o reducir daños.

### 9.2 Características del tipo de nave industrial

Según el artículo 3 del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, se trata de una actividad industrial que cuenta con más de 250 m<sup>2</sup>. Por lo que es imprescindible presentar un proyecto técnico de protección contra incendios. Y se aplicara el RD 2267/2004, Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

La normativa citada anteriormente indicada que los establecimientos industriales se caracterizan según su configuración y ubicación con relación a su entorno y por su nivel de riesgo intrínseco. Según las características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación con relación a su entorno. Dicho establecimiento será:

**TIPO C.** El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio. Figura 14, Configuración y ubicación con relación a su entorno.



*Figura 14, Configuración y ubicación con relación a su entorno. Anexo I Punto 2.1 del RD 2267/2004*

Una vez ubicada la edificación según su tipo se requiere conocer su nivel de riesgo intrínseco ya que de éste dependen los sistemas de protección contra incendios a instalar. Para ello se calcula la densidad de carga de fuego y se consulta la TABLA 1.3 del ANEXO I de la norma RD 2267/2004 del BOE núm. 303 con fecha 17 de diciembre del 2004 para poder clasificar la instalación en un tipo u otro. Toda la información relativa al cálculo de la carga de fuego y riesgo intrínseco del edificio queda detallada en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios.

Un aspecto a tener en cuenta es la sectorización del establecimiento, en cuanto a protección contra incendios se refiere, en los que se divide la nave industrial. La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la Tabla 7, Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio.

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

Tabla 7, Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio. Anexo II tabla 2.1 del RD 2267/2004

La nave industrial tiene una superficie total de 3605.28 m<sup>2</sup> y al tratarse de un edificio TIPO C, con un riesgo intrínseco del sector de incendio Alto (7), dicha justificación se encuentra en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios. La nave tendrá que tener dos sectorizaciones, cada una de ellas menor a 2500 m<sup>2</sup>. Por lo que la primera sectorización tendrá 2253,3 m<sup>2</sup>, y la segunda sectorización tendría 1351,98 m<sup>2</sup>.

La marquesina se considerara como otro sector de incendios, con una superficie de 836,94 m<sup>2</sup>.

### 9.2.1 Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de un elemento constructivo portante se definen por el tiempo en minutos, durante el que debe mantener la estabilidad mecánica (o capacidad portante) en el ensayo normalizado conforme a la norma correspondiente de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión.

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante no tendrá un valor inferior al indicado en la siguiente tabla: Tabla 2.2 RD 2267/2004. *Tabla 8. Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes.*

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

Tabla 8, Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes. Anexo II tabla 2.2 del RD 2267/2004

Según la tabla anterior, y sabiendo que la nave industrial es una configuración del establecimiento del tipo C, y con un nivel de riesgo intrínseco alto. Por lo tanto, la estabilidad del fuego es R 90, ya que la planta es sobre rasante.

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 establecimientos 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 de la *Tabla 9, Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubiertas ligeras:*

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

Tabla 9, Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubiertas ligeras. Con la superficie de los sectores protegidas con sistemas de evacuación de humos Anexo II tabla 2.3 del RD 2267/2004

Según la tabla anterior, y sabiendo que la nave industrial es una configuración del establecimiento del tipo C, y con un nivel de riesgo intrínseco alto. Por lo tanto la estabilidad del fuego es R 30.

En edificios 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 la estabilidad al fuego de las estructuras portantes podrán adoptar los siguientes valores de la Tabla 10, Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubiertas ligeras. Con la superficie de los sectores protegidas con rociadores automáticos de agua y sistemas de evacuación de humos:

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

Tabla 10, Estabilidad al fuego de la estructura principal de cubiertas ligeras. Con la superficie de los sectores protegidas con rociadores automáticos de agua y sistemas de evacuación de humos Anexo II tabla 2.4 del RD 2267/2004

Para alcanzar estas exigencias de resistencia al fuego tanto de los elementos de la estructura portante como de los de la estructura principal de cubiertas, se aplicará un revestimiento intumescente certificado por empresa acreditada.

### 9.2.2 Resistencia al fuego de 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, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión:

- a) Capacidad portante R.
- b) Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- c) Aislamiento térmico I.

Estos tres supuestos se consideran equivalentes en los especificados en la norma UNE 23093.

- a) Estabilidad mecánica (o capacidad portante).
- b) Estanqueidad al paso de llamas o gases calientes.
- c) No emisión de gases inflamables en la cara no expuesta al fuego.
- d) Aislamiento térmico suficiente para impedir que la cara no expuesta al fuego supere las temperaturas que establece la norma correspondiente.

La resistencia al fuego de toda medianería o muro colindante con otro establecimiento será, como mínimo según la *Tabla 11, Resistencia al fuego de cerramientos*:

	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 11, Resistencia al fuego de los cerramientos. Punto 5 del RD 2267/2004.

La estabilidad al fuego de los cerramientos será de: EI 240.

Las puertas de paso entre dos sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego, al menos, igual a la mitad de la exigida al elemento que separe ambos sectores de incendio, o bien a la cuarta parte de aquella cuando el paso se realice a través de un vestíbulo previo.

Los elementos compartimentadores móviles no serán asimilables a puertas de paso a efectos de la reducción de su resistencia al fuego.

### 9.2.3 Evacuación de establecimientos industriales

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P, según lo establecido en el punto 6 del anexo II de RD 2267/2004. El almacén de Poliamidas y Química Fina tiene una ocupación de 9 personas.

La ocupación de los sectores se encontrara calculada en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios.

La evacuación de los establecimientos industriales que estén ubicados en edificios de tipo C debe satisfacer las condiciones siguientes:

El número de salidas y las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superan los valores indicados en la siguiente Tabla 12, Longitud de recorrido de evacuación según el número de salidas

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

Tabla 12, Longitud de recorrido de evacuación según el número de salidas. Anexo II del punto 6.3 RD 2267/2004

Dimensionamiento de salidas, pasillos y escaleras, *Tabla 13, Dimensionado de los elementos de evacuación:*

Elemento	Dimensionado
Puertas y pasos	$A \geq P/200 \geq 0,80$ m La anchura de toda puerta no debe ser menor que 0,60 m, ni exceder 1,23 m.
Pasillos y rampas	$A \geq P/200 \geq 1,00$ m
Escaleras no protegidas: Evacuación descendente	$A \geq P/160$
Evacuación ascendente	$A \geq P/(160-10h)$
Escaleras protegidas	$E \leq 3 S+160 AS$
Pasillos protegidos	$P \leq 3 S+200 A$
En zonas al aire libre: Pasos, pasillos y rampas	$A \geq P/600$
Escaleras	$A \geq P/480$

Tabla 13, Dimensionado de los elementos de la evacuación .Tabla 4.1 del DB-SI 3.

Los recorridos de evacuación se podrán observar en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

#### 9.2.4 Características de las puertas y pasillos

Las puertas de salida serán abatibles con eje de giro vertical y fácilmente operables. Se permiten como puertas de salida las deslizantes, o correderas, fácilmente operables manualmente.

Los pasillos que sean recorridos de evacuación carecerán de obstáculos, aunque en ellos podrán existir elementos salientes localizados en las paredes, tales como soportes, cercos, bajantes o elementos fijos de equipamiento, siempre que, salvo en el caso de extintores, se respete la anchura libre mínima establecida en esta norma básica y que no se reduzca más de 10 cm la anchura calculada.

Si el pavimento tiene perforaciones, las dimensiones de éstas no permitirán el paso vertical de una esfera de 8 mm de diámetro.



### **9.2.5 Señalización e iluminación**

Las salidas de recinto, planta o edificio estarán señalizadas, excepto cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m<sup>2</sup>, sean fácilmente visibles desde todo punto de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.

Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos que deben seguirse desde todo origen de evacuación hasta un punto desde el que sea directamente visible la salida o la señal que la indica y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.

En los puntos de los recorridos de evacuación que deban estar señalizados en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta. Deben señalizarse los medios de protección contra incendios de utilización manual, que no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida por dicho medio, de forma tal que desde dicho punto la señal resulte fácilmente visible.

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Para ello, dispondrán de fuentes luminosas incorporadas externa o internamente a las propias señales, o bien serán auto-luminiscentes, en cuyo caso, sus características de emisión luminosa deberán cumplir lo establecido en la norma UNE 23 035 Parte 1.

### **9.2.6 Ventilación y eliminación de humos de combustión**

La eliminación de los humos y gases de la combustión, y, con ellos, del calor generado, de los espacios ocupados por sectores de incendio de establecimientos industriales debe realizarse de acuerdo con la tipología del edificio en relación con las características que determinan el movimiento del humo.

Dispondrán de sistema de evacuación de humos, los sectores con actividades de almacenamiento, con un riesgo intrínseco alto y una superficie mayor o igual a 800 m<sup>2</sup>, que es nuestro caso. Ya que el primer sector tiene una superficie de 2253.3 m<sup>2</sup>, y el segundo sector, tiene una superficie de 1351.98 m<sup>2</sup>.

La ventilación será natural a no ser que la ubicación del sector lo impida; en tal caso, podrá ser forzada.

Los huecos se dispondrán uniformemente repartidos en la parte alta del sector, ya sea en zonas altas de fachada o cubierta.

Los huecos deberán ser practicables de manera manual o automática.

Deberá disponerse, además, de huecos para entrada de aire en la parte baja del sector, en la misma proporción de superficie requerida para los de salida de humos, y se podrán computar los huecos de las puertas de acceso al sector.

El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-23585, el cálculo y justificación se detalla en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios.

### **9.2.7 Almacenamientos**

Los almacenamientos se caracterizan por los sistemas de almacenaje, cuando se realizan en estanterías metálicas. Se clasifican en autoportantes o independientes, que, en ambos casos, podrán ser automáticos y manuales.

1. Sistema de almacenaje autoportante. Soportan, además de la mercancía almacenada, los cerramientos de fachada y la cubierta, y actúan como una estructura de cubierta.
2. Sistema de almacenaje independiente. Solamente soportan la mercancía almacenada y son elementos estructurales desmontables e independientes de la estructura de cubierta.

3. Sistema de almacenaje automático. Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante una operativa automática, sin presencia de personas en el almacén.
4. Sistema de almacenaje manual. Las unidades de carga que se almacenan se transportan y elevan mediante operativa manual, con presencia de personas en el almacén.

Los sistemas de almacenamiento diseñados para este establecimiento están compuestos por estanterías metálicas, independientes y con almacenaje manual, que deben cumplir los siguientes requisitos:

Los materiales de bastidores, largueros, paneles metálicos y otros elementos y accesorios metálicos que componen el sistema deben ser de acero de la clase A1 (M0).

Los revestimientos pintados con espesores inferiores a  $100 \mu$  deben ser de la clase Bs3d0 (M1). Este revestimiento debe ser de un material no inflamable, debidamente acreditado por un laboratorio autorizado mediante ensayos realizados según norma.

Los revestimientos zincados con espesores inferiores a  $100 \mu$  deben ser de la clase Bs3d0 (M1).

Para la estructura principal de sistemas de almacenaje con estanterías metálicas sobre rasante o bajo rasante sin sótano se podrán adoptar los valores de la Tabla 14, Sistemas de almacenaje autoportante operado manual o automáticamente:

Nivel de riesgo intrínseco	Sistema de almacenaje autoportante operado manual ó automáticamente					
	Tipo A		Tipo B		Tipo C	
	Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua		Rociadores automáticos de agua	
	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ
Riesgo bajo	R15(EF-15)	No se exige	No se exige	No se exige	No se exige	No se exige
Riesgo medio	R30(EF-30)	R15(EF-15)	R15(EF-15)	No se exige	No se exige	No se exige
Riesgo alto			R30(EF-30)	R15(EF-15)	R15(EF-15)	No se exige

Tabla 14, Sistemas de almacenaje autoportante operado manual o automáticamente. Anexo II del punto 8.1 RD 2267/2004.

No se requiere de una resistencia mínima para el sistema de almacenaje (estanterías), por estar ubicada en edificio Tipo C, riesgo alto, y contar con rociadores automáticos de agua.

### 9.3 Equipo requerido en la instalación contra incendios para la Nave Industrial

Todos los equipos que componen la instalación de protección contra incendios, como la instalación de la nave, así como sus instaladores y mantenedores deben cumplir el Reglamento de las Instalaciones de Protección Contra Incendios, por el RD 1942/1993. La justificación de la elección de los equipos está en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios.

#### 9.3.1 Sistemas automáticos de detección de humos

Se instalarán sistemas automáticos de detección de incendios en los sectores de incendio cuando se desarrollen actividades de almacenamiento, para edificios del tipo C, siendo su nivel de riesgo intrínseco alto y su superficie total construida mayor o igual a 800 m<sup>2</sup>. Se instalarán en ambos sectores de la nave industrial.

El diseño de los sistemas de detección de incendios se realiza según Norma UNE 23007-14. La justificación del tipo y disposición de estos elementos se desarrolla en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios. Y su ubicación se encontrara en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

A continuación se mostrara una imagen del sistema automático de detección de incendios elegido, debido a la elevada altura del techo. Figura 15, Detector de humo por rayo infrarrojo



*Figura 15, Detector de humo por rayo infrarrojo*

Se ha instalado 6 detectores de humo por rayo infrarrojo entre los dos sectores que conforman la nave industrial.

### **9.3.2 Sistemas manuales de alarma de incendio**

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen actividades de almacenamiento y la superficie total construida sea igual o superior a 800 m<sup>2</sup>. Y cuando no se requiera de sistemas automáticos de detección de incendios.

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendio en todos los sectores.

El tipo y disposición de los sistemas a instalar se realiza según lo dispuesto en la norma UNE 23007-14 Sistema de detección y alarma de incendios, atendiendo a los siguientes preceptos:

Deben ser claramente visibles, identificables y fácilmente accesibles. Además deben situarse en rutas de escape, en cada puerta que comunique con escaleras de emergencia y en cada salida del sector de incendios y al exterior. También pueden situarse cerca de riesgos especiales. En general, se instalarán a una altura del suelo comprendida entre 1,2 m y 1,6 m.

Los pulsadores de alarma tendrán las características siguientes:

- Dispondrá de una protección exterior para enviar alarmas accidentales. Esta protección será fácil de romper manualmente y dispondrá de la frase “Romper en caso de incendio” ya que así lo estipula las normas UNE.
- Se instalaran varios pulsadores, cercanos a las salidas de emergencia, y en ningún caso de deben recorrer más de 25 m para accionar un pulsador. Debido a esto, se han decidido instalar 10 sistemas manuales de alarma contra incendios de forma que se cumple la norma.

A continuación se mostrara una imagen *Figura 16, Sistema manual de alarma de incendios.*



*Figura 16, Sistema manual de alarma de incendios*

El número y la situación de los pulsadores de alarma pueden consultarse en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

### **9.3.3 Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios**

Según el RD 2267/2004, cuando en una instalación de un establecimiento industrial, coexistan varios sistemas de protección contra incendios, el caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de operación de los mismos. Los cálculos se desarrollarán en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios.

Según los resultados obtenidos, el sistema estará compuesto por los siguientes elementos: Sistemas de BIE, de hidrantes y de rociadores automáticos.

### 9.3.3.1 *Circuito de agua contra Incendios*

Se dispone de un sistema principal de agua contra incendios y un sistema secundario en la empresa UBE.

El sistema de agua contra incendios principal consta de un tanque principal, de 6.873 m<sup>3</sup> de capacidad de agua dulce, el cual será utilizado para dar suministro a las instalaciones de protección contra incendios. El agua de reposición es suministrada por FACSA, con un caudal máximo de 432 m<sup>3</sup>/h.

El suministro de agua a los sistemas contra incendios es de 680 m<sup>3</sup>/h, con una presión de 8,8 bar. UBE puede asegurar en la situación más desfavorable (no reposición de agua al tanque principal, con las bombas de suministro a la red de agua contra incendios y a la red de aguas de proceso en funcionamiento) un abastecimiento de agua contra incendios durante un periodo no inferior a 10 horas.

En el sistema secundario, existen dos conexiones entre la red contra incendios de UBE con la red de BP. Abriendo dos válvulas se puede disponer de un suministro adicional de hasta 1.800 m<sup>3</sup>/h, con una presión de 8,8 bar. Las bombas de agua contra incendios de BP aspiran agua del mar.

BP y UBE a fecha de enero de 1.995 firmaron un acuerdo relativo a actividades de Seguridad y Medio Ambiente en el que se detalla que la red de agua contra incendios de las dos compañías está interconectada en dos puntos, lo que permite el aprovisionamiento de agua contra incendios cuando lo solicite alguna de ellas. Este acuerdo cubre las medidas a tomar para cualquier emergencia que pudiera ocurrir en ambas compañías (dato suministrado por UBE).

La red principal es de tubería de 10 y 12 pulgadas, con ramificaciones de ocho y seis pulgadas. La red forma diferentes anillos completos que permiten retirar de servicio secciones de la misma para su reparación y, al mismo tiempo, disponer, como mínimo, de 50% del caudal de agua requerido en la zona a proteger. Existen dos tramos de 12 pulgadas de interconexión con la red contra incendios de BP.

### ***9.3.3.2 Equipo de bombeo del sistema principal. Características y funcionamiento***

El grupo de abastecimiento de agua contra incendios es doble con 3 equipos del 50%, capaces de suministrar 680 m<sup>3</sup>/h a 8.8 bar.

Las tres bombas del grupo de abastecimiento juntamente con la bomba jockey aspiran del tanque principal:

- **P-2:** Bomba centrífuga movida por **motor eléctrico**, con caudal de 40 m<sup>3</sup>/h, mantiene la presión de 8.8 bar en el sistema.
- **P-1A:** Bomba centrífuga movida por un **motor eléctrico**, bombea agua con caudal de 340 m<sup>3</sup>/h, con una presión de 8.8 bar. Esta bomba es de arranque automático por baja presión en la red.
- **P-1C:** Bomba centrífuga movida por **motor Diesel**. Bomba con caudal de 340m<sup>3</sup>/h, con una presión de 8.8 bar. Esta bomba es de arranque automático por baja presión en la red.
- **P-1D:** Bomba centrífuga movida por **motor Diesel**. Bomba con caudal de 340m<sup>3</sup>/h, con una presión de 8.8 bar. Esta bomba es de arranque automático por baja presión en la red.

La **P-2** mantiene el circuito presurizado cuando no hay consumo o éste es bajo. Las **P-1A/C/D** suministran agua a través de tuberías de distintos diámetros, en tramos enterrados o aéreos los distintos equipos de protección contra incendios de la empresa UBE. Entre ellos los sistemas de protección contra incendios de este proyecto.

Todos los equipos de bombeo permanecen mediante sus arrancadores en posición automática de arranque, con la señal de los presostatos. Su arranque es automático por descenso de presión y su paro es únicamente manual.

La **bomba jockey** es el único equipo que tiene arranque y paro automático, y su misión consiste en mantener presurizada la red general de agua contra incendios.



Cuando se produce un consumo de agua, el descenso de presión es detectado por el arrancador de la **bomba jockey**, que la pone en marcha para restablecer la presión.

Si el consumo es alto la **bomba jockey** no es capaz de mantener la presión y ésta descende, siendo detectada por el arrancador de equipo eléctrico que lo pone en marcha.

La presión puede restablecerse dependiendo el consumo, por lo cual la **bomba jockey** se parará automáticamente, pero no así la bomba principal (**P-2A**) que permanecerá en marcha hasta que se pare manualmente. Si el caudal demandado es mayor que el aportado por la bomba la presión descende y será detectada por el arrancador del siguiente equipo, poniéndolo en marcha.

El sistema de bombeo cumple con lo dispuesto en la norma UNE-23.500-90 “Sistema de abastecimiento de agua contra incendios” y en la norma UNE EN 12845.

De acuerdo al *DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios*, el caudal teórico total que se requiere en el caso más desfavorable es de 255 m<sup>3</sup>/h para el almacén de poliamidas y química fina. Que corresponde a la suma de la mitad del caudal requerido por los hidrantes ( $0,5 \cdot Q_H$ ) y el requerido por los rociadores automáticos ( $Q_{RA}$ ).

Y la capacidad teórica de agua que se requiere en el caso más desfavorable es de 382,5 m<sup>3</sup>. Que viene dada de la suma de la mitad de la reserva de agua necesaria para hidrantes ( $0,5 \cdot R_H$ ) y la necesaria para rociadores automáticos ( $R_{RA}$ ).

### 9.3.4 Sistema de hidrantes exteriores

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores si, concurren las circunstancias que se reflejan en la *Tabla 15, Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco*:

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

Tabla 15, Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco. Anexo III del punto 7.1 RD 2267/2004

Según la *Tabla 15*, sí es necesaria la instalación de hidrantes exteriores porque el nivel de riesgo intrínseco de ambos sectores de almacenamiento es alto y tiene una superficie total mayor de 3500m<sup>2</sup>, más concretamente 3605,28m<sup>2</sup>.

#### 9.3.4.1 Caudal requerido y autonomía.

Las necesidades de agua para proteger cada una de las zonas (áreas o sectores de incendio) que requieren un sistema de hidrantes (*Figura 17, Hidrante exterior*) se harán de acuerdo con los valores de la siguiente *Tabla 16, Necesidades de agua para hidrantes exteriores*.

CONFIGURACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO					
	BAJO		MEDIO		ALTO	
TIPO	CAUDAL (L/MIN)	AUTON (MIN)	CAUDAL (L/MIN)	AUTON. (MIN)	CAUDAL (L/MIN)	AUTON. (MIN)
A	500	30	1000	60		
B	500	30	1000	60	1000	90
C	500	30	1500	60	2000	90
D y E	1000	30	2000	60	3000	90

Tabla 16, Necesidades de agua para hidrantes exteriores. Anexo III del punto 7.3 RD 2267/2004.

Según la Tabla 16, y según la configuración del establecimiento industrial que es del tipo C, con un nivel de riesgo intrínseco. Es necesario disponer de 4 hidrantes exteriores, con un caudal de 2000 l/min y con una autonomía de 90 minutos.



Figura 17, Hidrante exterior

La justificación del tipo y disposición de estos elementos se desarrolla en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios. Y su ubicación se encontrara en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

### 9.3.5 Extintores de incendio

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 el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

El agente extintor será seleccionado según su adecuación a las distintas clases de fuegos; A (sólidos), B (líquidos), C (gases), D (metales especiales), F (aceites o grasas vegetales).

Si la clase de fuego del sector de incendio es A-B, se determinará la dotación de extintores del sector de incendio sumando los necesarios para cada clase de fuego (A y B), evaluados independientemente, según la Tabla 17, Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A y la Tabla 18, Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B, respectivamente.

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

Tabla 17, Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A. Anexo III del tabla 3.1 RD 2267/2004

VOLUMEN MÁXIMO, V (1), DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL SECTOR DE INCENDIO (1) (2)				
	$V \leq 20$	$20 < V \leq 50$	$50 < V \leq 100$	$100 < V \leq 200$
EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	113 B	113 B	144 B	233 B

Tabla 18, Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase B. Anexo III del tabla 3.1 RD 2267/2004

Cuando más del 50 % del volumen de los combustibles líquidos, V, esté contenido en recipientes metálicos perfectamente cerrados, la eficacia mínima del extintor puede reducirse a la inmediatamente anterior de la clase B, según la Norma UNE-EN 3-7

Si el volumen de combustibles de clase B supera los 2000 l, se determinará la protección del sector de incendio de acuerdo con la reglamentación sectorial específica que lo afecte.

Según las características de los materiales almacenados, se establecen los siguientes tipos de fuego en caso de incendio para los sectores del establecimiento industrial: Sector 1, con una superficie de 2253,3 m<sup>2</sup> y en el sector 2 con una superficie de 1351,98m<sup>2</sup>. Existen productos inflamables tanto sólidos como líquidos, aunque el material predominante es el sólido. La clase de fuego sería A-B. Se almacena tanto Pentanodiol (estado líquido) y Hexanodiol (estado líquido) como Nylon (estado sólido).

La instalación de los extintores de incendio debe realizarse siguiendo la normativa vigente (RD 1942/93, reglamento de instalaciones de protección contra incendios) para este tipo de protección contra incendios.

Se dispondrá de extintores de incendio de 9 kg de polvo seco polivalente ABC. El sistema de extinción de incendios es obligatorio. El número obligatorio de extintores es de 14 en la nave industrial según la Tabla 17 de este documento y según la disposición. Para la marquesina se dispondrá de 3 extintores. Se utilizará un agente extintor de: Polvo polivalente ABC, Figura 18, Extintores portátiles con una eficacia mínima de 34 A – 233 B – C.



*Figura 18, Extintores portátiles*

Los extintores deben cumplir las siguientes condiciones:

- Se instalarán extintores de incendio en todos los sectores de incendio, es decir, en el sector 1 y 2 de la nave industrial, en la caseta, y en la marquesina.
- Se instalarán en lugares fácilmente visibles y accesibles, estarán correctamente señalizados, cercanos al punto donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio.
- La distribución de los extintores será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector hasta el extintor sea menor de 15m.

- Deben situarse soportes fijados a paramentos verticales de forma que el extremo superior del mismo este a no más de 1,7 m del suelo, para disponer de un fácil acceso.
- Siempre deben de haber pasado la revisión pendiente.
- El agente extintor no debe de tener una eficiencia menor a 21A o 113B.

El número y disposición de los extintores es el dispuesto en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

### 9.3.6 *Sistemas de bocas de incendio equipadas (Bies)*

Se instalará un sistema de bocas de incendio equipadas, (*Figura 19, Bocas de Incendio equipadas*) en los sectores de los establecimientos industriales, que están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.



*Figura 19, Boca de Incendio Equipada (BIE)*

Por lo tanto, se requiere instalar un sistema de bocas de incendio equipadas en los sectores 1 y 2 del establecimiento industrial y en la marquesina.

En este caso se instalaran 8 Bies en la nave industrial, y 1 BIE para la marquesina. Y así cumplir con el requisito de la distancia máxima que alcanza una de las bocas de incendio.

En la siguiente Tabla 19, Tipo de BIE, simultaneidad y tiempo de autonomía puede observarse los tipos de BIE y el tiempo de autonomía necesario de agua por cada tipo de establecimiento según el nivel de riesgo intrínseco.

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

Tabla 19, Tipo de BIE, simultaneidad y tiempo de autonomía. Anexo III del punto 9.2 RD 2267/2004

Para este proyecto en concreto, el nivel de riesgo intrínseco alto, por lo que las Bies son:

- De tipo DN 45 mm, que viene a expresar que su diámetro nominal es de 45 mm.
- Disponen de una autonomía de la red para proporcionar un caudal de 2000 l/min durante 90 min, se permiten 3 Bies actuando en simultaneidad.

Las BIE de 45 mm sólo deberían ser utilizadas por personal debidamente formado.

La justificación del tipo y disposición de estos elementos se desarrolla en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios. Y su ubicación se encontrara en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

### 9.3.7 Sistemas de rociadores automáticos de agua.

Se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua (*Figura 20, Rociador automático de agua*) en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen, actividades de almacenamiento si:

Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1000 m<sup>2</sup> o superior. Como es en nuestro caso.



Figura 20, Rociador automático de agua.

Se instalarán un total de 374 rociadores automáticos de ampolla verde, repartidos entre el sector 1 y 2 de la nave industrial.

La justificación del tipo y disposición de estos elementos se desarrolla en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios. Y su ubicación se encontrará en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

### **9.3.8 Sistemas de alumbrado de emergencia.**

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 cualquier planta sobresaliente, cuando la ocupación, P, sea igual o mayor de 10 personas y sean de riesgo intrínseco medio o alto.

Las instalaciones destinadas al alumbrado de emergencia tienen por objeto asegurar, en caso de fallo de la alimentación al alumbrado normal, la iluminación a los locales y accesos hasta las salidas, para una inesperada evacuación de los trabajadores.

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 del 70 % de su tensión nominal de servicio.
- Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- Proporcionará una iluminancia de 1 lumen/m<sup>2</sup>, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- La iluminancia será, como mínimo, de 5 lumen/m<sup>2</sup> en los puntos donde estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual.



- Además, los puntos considerados de seguridad, tales como extintores, pulsadores de alarma, BIEs, puertas de salida de emergencia, etc., también contarán con una iluminancia mínima de 5 lux.

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.

El nivel de ocupación de incendio para el almacén de poliamidas y química fina es de 9 personas, por lo que a pesar de no superar las 10 personas aplicare igualmente el sistema de alumbrado de emergencia.

La distribución del alumbrado de emergencia se puede consultar en el *DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.*

### ***9.3.9 Señalización de medios de extinción y de evacuación.***

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, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Todos los equipos contra incendios y recorridos de evacuación deberán estar señalizados según la norma UNE-23033-1.

Se instalarán señales de 210x297 mm foto luminiscentes con texto, estos se colocarán sobre los elementos de protección contra incendios (dicha señal será de color rojo). *Figura 21, Señalización extinción.*



Figura 21, Señalización extinción

Se instalarán señales de 210x297 mm foto luminiscentes con texto, sobre los elementos que indican el camino de evacuación (dicha señal será de color verde). *Figura 22, Señalización evacuación.* Las señales que indican la salida del edificio se deberán situar justo debajo de una luminaria de emergencia, para que rápidamente pueda ser identificada.



Figura 22, Señalización evacuación.

Los recorridos de evacuación se puede consultar en el *DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.*

#### 9.4 Características de la caseta

La caseta en la que se realizan las labores logísticas pertinentes (uso administrativo), tiene una superficie que ocupa 25,2 m<sup>2</sup> y por lo tanto, está sujeta a la aplicación de la Norma básica de la edificación, más concretamente: Al Código Técnico de la Edificación, Documento Básico, Seguridad en caso de Incendio (CTE-DB-SI) al no superar los 250 m<sup>2</sup>.

#### 9.4.1 *Uso Administrativo*

Este apartado se desarrolla siguiendo las indicaciones y normas establecidas en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico, Seguridad en caso de Incendio (DB-SI), aprobado por el Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por lo tanto, todas las expresiones, tablas y demás referencias que se utilizan vienen indicadas en dicho RD, salvo mención explícita.

#### 9.4.2 *SI1 - Propagación interior*

##### 9.4.2.1 *Compartimentación en sectores de incendio*

El edificio de uso administrativo, se debe compartimentar en sectores de incendio según las siguientes condiciones:

La superficie construida de todo sector de incendio no debe exceder de 2.500 m<sup>2</sup>. La caseta (oficina) ocupa un espacio de 25.2 m<sup>2</sup>

La resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas que delimitan sectores de incendio serán las siguientes según Tabla 20, Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas:

Elemento	Plantas bajo rasante	Resistencia al fuego		
		Plantas sobre rasante en edificio con altura de evacuación:		
		h ≤ 15 m	15 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Paredes y techos <sup>(3)</sup> que separan al sector considerado del resto del edificio, siendo su uso previsto: <sup>(4)</sup>				
- Sector de riesgo mínimo en edificio de cualquier uso	(no se admite)	EI 120	EI 120	EI 120
- Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	EI 120	EI 60	EI 90	EI 120
- Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	EI 120 <sup>(6)</sup>	EI 90	EI 120	EI 180
- Aparcamiento <sup>(6)</sup>	EI 120 <sup>(7)</sup>	EI 120	EI 120	EI 120
Puertas de paso entre sectores de incendio	EI; t-C5 siendo t la mitad del tiempo de resistencia al fuego requerido a la pared en la que se encuentre, o bien la cuarta parte cuando el paso se realice a través de un <i>vestíbulo de independencia</i> y de dos puertas.			

Tabla 20, Resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas. Tabla 1.2CTE-DB-SI-1

La caseta (oficina) tiene un uso administrativo, con una altura de evacuación h≤15 m por lo tanto, tendría una resistencia al fuego de las paredes, techos y puertas de EI 60.

En puertas de paso entre sectores de incendio se tomará como tiempo de resistencia al fuego la mitad del requerido para la pared en que se encuentre (EI2 t/2-C5).

Cuando sea una cubierta no destinada a actividad alguna, ni prevista para ser utilizada en la evacuación, no precisa de tener una función de compartimentación de incendios, por lo que solo debe aportar la resistencia al fuego R que le corresponda como elemento estructural.

#### **9.4.2.2 Paso de 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.

#### **9.4.2.3 Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario**

Los elementos constructivos de revestimiento interior deben cumplir las condiciones de resistencia al fuego que se establecen en la Tabla 21, Resistencia al fuego de elementos de revestimiento

Situación del elemento	Revestimientos	
	De techos y paredes	De suelos
Zonas ocupables	C-s2,d10	Efl
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1,d10	Cfl-s1
Aparcamientos y recintos de riesgo especial	B-s1,d10	Bfl-s1
Espacios ocultos no estancos, o estancos susceptibles de iniciar o propagar el incendio	B-s3,d10	Bfl-s2

Tabla 21, Resistencia al fuego de elementos de revestimiento. Tabla 4.1CTE-DB-SI-1.

### **9.4.3 SI3 – Evacuación de ocupantes**

#### **9.4.3.1 Determinación de la ocupación**

La ocupación de la caseta (oficina) se encontrara calculada en el DOCUMENTO II: ANEXO IV: Cálculos Seguridad Contra Incendios.

La caseta tiene una ocupación de 2 personas.

#### **9.4.3.2 Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación**

Según la tabla 3.1 del DB-SI, el número mínimo de salidas de la caseta (oficina) será de una.

La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no superará los 25 m.

#### **9.4.3.3 Señalización de medios de evacuación**

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

Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo “SALIDA DE EMERGENCIA”.

Se dispondrán señales indicativas de dirección de los recorridos, para que sean visibles desde cualquier origen de evacuación.

Las señales deben ser visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal.

El recorrido de evacuación se puede consultar en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

#### **9.4.4 SI4 – Instalaciones de protección contra incendios**

Los edificios deben disponer de los equipos e instalaciones de protección contra incendios que se indican en la tabla 1.1 del DB SI-4. El diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, deben cumplir lo establecido en el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”. Según dicha tabla 1.1, se requieren los siguientes equipos e instalaciones:

- Extintores portátiles.
- Sistema de alumbrado de emergencia.

##### **9.4.4.1 Extintores portátiles**

El emplazamiento de los extintores portátiles de incendio facilitará su visibilidad y accesibilidad, estarán correctamente señalizados, situados cerca del posible origen de incendio 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, y a 15 m. de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación.

Los extintores serán de polvo químico polivalente ABC, con una eficacia de 34 A- 233 B- C. Se colocara 1 extintor.

El número y disposición de los extintores es el dispuesto en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

#### **9.4.4.2 Sistema de alumbrado de emergencia**

El sistema de alumbrado de emergencia para la caseta (oficina) se diseñará según lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico Seguridad de Utilización, DB SU-4 Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada, y en el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión:

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.

Las señales de seguridad. Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada las luminarias cumplirán las siguientes condiciones:

- Se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo.
- Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad.

Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:

- En las puertas existentes en los recorridos de evacuación.
- En los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos.

La instalación será fija, estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.

El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s.

La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante una hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar 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.

Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40.

#### 9.4.5 SI5 – Intervención de los bomberos

La altura de evacuación del edificio de oficina (caseta) es inferior a 9 m, por lo que no es necesario disponer de un espacio de maniobra para los bomberos, según el apartado 1.2 del CTE DB-SI 5.

#### 9.4.6 SI6 – Resistencia al fuego de la estructura

La resistencia mínima al fuego de los elementos estructurales principales como forjados, vigas, soportes, será la establecida en la Tabla 22, Resistencia al fuego a los elementos estructurales:

Uso del sector de incendio considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	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 <sup>(4)</sup>		

Tabla 22, Resistencia al fuego suficiente a los elementos estructurales. Tabla 3.1CTE-DB-SI-6

La caseta (oficina logística) presenta una resistencia al fuego R60.



## 10. ESTUDIO ECONÓMICO

En este punto, se explicara brevemente el impacto económico que se prevé ante el presente proyecto sobre la empresa. Para obtener una mayor información, consultar el DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTOS.

El presupuesto total al que asciende el proyecto, asciende a la suma de:

**UN MILLÓN CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS SESENTA Y OCHO CON CUARENTA TRES**

**CÉNTIMOS**

**1.042.668,43 €**

## **11. CONCLUSIONES**

Después de realizar todo el dimensionamiento y el cálculo estructural del almacén de “Poliámida y Química Fina”. Y elegir los perfiles óptimos, que mejor se adaptaban según las acciones a las que se encuentra sometidas. Y aplicar la normativa contra incendios pertinente. Se da por concluido el presente proyecto.

# **DOCUMENTO II:**

# **ANEXO**



## INDICE DE LOS ANEXOS

ANEXO 1: ACCIONES.....	95
1. INTRODUCCIÓN.....	95
2. ACCIONES.....	95
3. ACCIONES PERMANENTES.....	96
3.1 Peso propio.....	96
4. ACCIONES VARIABLES.....	98
4.1 Sobrecarga de uso.....	98
4.2 Viento.....	100
4.2.1 NAVE INDUSTRIAL.....	100
4.2.1.1 Viento exterior.....	100
4.2.2 MARQUESINA.....	113
4.2.2.1 Viento exterior.....	113
4.3 Térmicas.....	116
4.4 Nieve.....	117
ANEXO 2: Predimensionamiento.....	121
1. INTRODUCCIÓN.....	121
2. PILARES.....	122
2.1 Pilar esquinero Nave Industrial.....	122
2.2 Pilar interior Nave Industrial.....	123
2.3 Pilar hastial Nave Industrial.....	124
2.4 Pilar interior Marquesina.....	126
2.5 Pilar esquinero Caseta.....	127
3. PÓRTICO O CERCHA.....	128

3.1	Cercha Nave Industrial .....	128
3.2	Pórtico Marquesina .....	129
3.3	Vigas Caseta .....	130
4.	VIGA CONTRAVIENTO (VCV).....	132
4.1	Montantes .....	132
4.2	Diagonales .....	133
5.	CRUZ DE SAN ANDRES (CSA) .....	134
6.	VIGA PERIMETRAL (VP) .....	135
	ANEXO 3: Comprobaciones .....	137
1.	INTRODUCCIÓN .....	137
2.	DATOS GENERALES DE LA OBRA E HIPÓTESIS CONSIDERADAS .....	137
2.1	Nave Industrial .....	137
2.2	Marquesina .....	154
2.3	Caseta .....	161
3.	COMPROBACIONES DE LAS CORREAS .....	164
3.1	Nave Industrial .....	164
3.2	Marquesina .....	175
4.	COMPROBACIONES E.L.U .....	180
4.1	Comprobaciones E.L.U pilares.....	181
4.1.1	Pilares interiores .....	181
4.1.1.1	Nave Industrial .....	181
4.1.1.2	Marquesina .....	193
4.1.2	Pilares esquineros .....	203
4.1.2.1	Nave Industrial .....	203
4.1.2.2	Caseta .....	217

4.1.3	Pilares hastiales .....	228
4.2	Comprobaciones E.L.U cerchas .....	240
4.2.1	Perfiles rectangulares.....	240
4.2.2	Perfiles cuadrados .....	254
4.3	Comprobaciones E.L.U pórtico.....	264
4.3.1	Marquesina .....	264
4.4	Comprobaciones E.L.U vigas .....	274
4.4.1	Caseta .....	274
4.4.1.1	Vigas .....	274
4.4.1.2	Viguetas.....	280
4.5	Comprobaciones E.L.U longitudinales.....	287
4.5.1	Viga Perimetral.....	287
4.5.1.1	Nave Industrial .....	287
4.5.1.2	Marquesina .....	297
4.5.2	Montantes.....	301
4.6	COMPROBACIONES ARRIOSTRAMIENTO (VCV) .....	310
4.7	COMPROBACIONES E.L.S Y E.L.U ARRIOSTRAMIENTOS (CSA) .....	313
4.7.1	Arriostramiento Fachada Lateral y Arriostramiento Pórtico de Fachada .....	313
4.8	COMPROBACIONES DE LAS PLACAS DE ANCLAJE .....	315
4.8.1	Nave Industrial .....	315
4.8.1.1	Tipo 1.....	315
4.8.1.2	Tipo 2.....	320
4.8.1.3	Tipo 3.....	324
4.8.2	Marquesina .....	328
4.8.2.1	Tipo 4.....	328

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

4.8.3	Caseta .....	332
4.8.3.1	Tipo 5 .....	332
4.9	COMPROBACIÓN DE LAS CIMENTACIONES.....	336
4.9.1	Comprobaciones de las vigas de atado y centradoras.....	336
4.9.1.1	Nave Industrial .....	336
4.9.1.2	Marquesina .....	339
4.9.1.3	Caseta .....	342
4.9.2	Comprobaciones de las zapatas.....	344
4.9.2.1	Nave Industrial .....	344
4.9.2.2	Marquesina .....	351
4.9.2.3	Caseta .....	354
ANEXO 4: Cálculos Seguridad Contra Incendios.....		357
1.	INTRODUCCIÓN .....	357
2.	ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL.....	357
2.1	Calculo de carga de fuego, ponderada y corregida de dicho sector para actividades de almacenamiento .....	357
2.1.1	Para la Nave Industrial .....	359
2.2	Calculo de carga de fuego, ponderada y corregida de dicho sector para actividades distintas al almacenamiento .....	361
2.2.1	Para la caseta (oficina logística) .....	361
2.3	Determinación de la ocupación del establecimiento industrial.....	362
2.4	Ventilación y eliminación de humos de combustión. ....	363
2.4.1	Requisitos generales de diseño y cálculo.....	363
2.4.2	Modelo de incendio .....	364
2.4.2.1	Requisitos a considerar para el penacho que asciende directamente desde el incendio hasta el depósito de humos. ....	364



2.4.3	Parámetros para el cálculo.....	367
2.4.3.1	Valores por defecto de tasas de calor liberado.....	368
2.4.4	Almacén de poliamidas y química fina.....	368
2.5	Tipo y disposición de los detectores automáticos .....	372
2.6	Sistemas de rociadores automáticos de agua.....	374
2.6.1	Clasificación de usos y clases de riesgo.....	374
2.6.2	Configuración del almacenamiento .....	375
2.6.3	Criterios de diseño hidráulicos.....	375
2.6.4	Tipo y tamaño de instalación .....	377
2.6.5	Distribución y situación de rociadores .....	377
2.6.6	Tipos de rociadores .....	381
2.6.7	Dimensionamiento de tuberías.....	384
2.6.8	Sistema de abastecimiento de agua contra incendios.....	385
2.7	Sistemas de bocas de incendio equipadas (BIE) .....	385
2.7.1	Requerimientos de la instalación.....	386
2.7.2	Tipo y distribución de las BIEs. ....	386
2.7.3	Cálculo hidráulico .....	386
2.8	Sistemas de hidrantes exteriores, .....	387
2.8.1	Cálculo hidráulico .....	388
2.9	Sistema de suministro conjunto de agua contra incendios .....	388
2.10	Uso administrativo .....	389
2.10.1	Calculo de la ocupación.....	389



## ANEXO 1: ACCIONES

### 1. INTRODUCCIÓN

El campo de ampliación del documento básico seguridad estructural de acciones en la edificación (DB SE-AE) es la determinación de las acciones sobre los edificios para verificar el cumplimiento de los requisitos (exigencias básicas) de seguridad estructural y aptitud al servicio establecidos en el DB-SE.

### 2. ACCIONES

Una acción es una perturbación sobre un sistema que tiende a cambiar su estado actual (posiblemente de equilibrio) y se traduce siempre en una variación de las variables de estado del sistema.

Una acción simple, puede ser considerada no determinante independiente, en el tiempo y en el espacio, de cualquier otra acción actuante en la estructura.

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo:

- a) **Acciones permanentes (G):** Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante o no.
- b) **Acciones variables (Q):** Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio.
- c) **Acciones accidentales (A):** Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña pero de gran importancia.

### 3. ACCIONES PERMANENTES

Las Acciones Permanentes son las acciones o cargas propias de la construcción que no pueden ser obviadas o suprimidas. Por ejemplo, el peso propio de la edificación, las acciones del terreno sobre el cual está construido y las características del material como el hormigón o el acero en una estructura metálica.

#### 3.1 Peso propio

El peso propio a tener en cuenta en este apartado y que ejerce algún tipo de acción sobre la edificación es el relacionado con los elementos estructurales y todos los cerramientos.

Para determinar su valor el DB SE-AE nos indica que en general se determinara a partir del valor medio obtenido de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios los cuales se exponen en una tabla anexa del documento (anejo C, del CTE DB SE-EA).

Distinguiremos dos acciones gravitatorias permanentes aplicadas a la estructura:

- **G<sub>c</sub>** Peso propio de los cerramientos de la cubierta (cubierta panel sándwich, incluso correas, de catálogo).
- **G<sub>e</sub>** Peso propio de la estructura (se escoge un valor de aproximadamente luz (m)/100).

Por lo tanto la *Ecuación 1, Peso propio* será:

$$G[\text{KN/m}^2] = G_c + G_e \quad \text{Ecuación 1, Peso propio}$$

Esta carga se considerara aplicada (por simplicidad de cálculo, y estando del lado de la seguridad) en la cubierta de la nave.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Esta carga será aplicada en el **pórtico interior (PI)** como lineal, y la calcularemos según la *Ecuación 2, Peso propio, pórtico interior:*

$$g \left[ \frac{KN}{m} \right] = s \cdot G \quad \text{Ecuación 2, Peso propio, pórtico interior}$$

Para el **pórtico de fachada (PF)** será la mitad que la del pórtico interior, y la calcularemos según la *Ecuación 3, Peso propio, pórtico fachada:*

$$g \left[ \frac{KN}{m} \right] = \frac{s}{2} \cdot G \quad \text{Ecuación 3, Peso propio, pórtico fachada}$$

Por lo tanto, para el caso de la nave industrial como de la marquesina:

NAVE INDUSTRIAL			s=Crujía=10,73 metros	Pórtico Interior	Pórtico Fachada
Gc [KN/m <sup>2</sup> ]	Ge[KN/m <sup>2</sup> ]	G[KN/m <sup>2</sup> ]		g[KN/m]	g[KN/m]
0,213	0,42	0,633		<b>6,796</b>	<b>3,398</b>

MARQUESINA			s=Crujía=10,73 metros	Pórtico Interior	Pórtico Fachada
Gc [KN/m <sup>2</sup> ]	Ge[KN/m <sup>2</sup> ]	G[KN/m <sup>2</sup> ]		g[KN/m]	g[KN/m]
0,213	0,13	0,343		<b>3,68</b>	<b>1,84</b>

Para la caseta, he considerado como cargas muertas (cargas permanentes):

Como peso propio de los elementos constructivos (Tabla C.5, Anejo C, del CTE DB SE-AE), más concretamente del forjado. He elegido un Forjado unidireccional, luces hasta 5 metros, grueso total < 0,28 metros. Con un peso de **G1= 3KN/m<sup>2</sup>**.

En cuanto a la formación de pendiente, considero una cubierta plana no ventilada, con arcilla expandida de 350 Kg/m<sup>3</sup> de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie de cemento, con espesor medio de cemento de 4cm de espesor.

$$350 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right] \cdot \frac{9,81N}{1Kg} \cdot \frac{1KN}{1000N} = 3,4335 \frac{KN}{m^3} \cdot 0,10m = 0,34335 \frac{KN}{m^2}$$

El peso propio aparente de materiales de construcción (Tabla C.1, Anejo C, del CTE DB SE-AE), el mortero de cemento tiene un peso específico aparente de [19 - 23] KN/m<sup>3</sup>.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$19 \frac{KN}{m^3} \cdot 0,04m = 0,76 \frac{KN}{m^2}$$

Por lo tanto, la formación de pendiente tiene un valor de

$$G2 = 0,34335 \frac{KN}{m^2} + 0,76 \frac{KN}{m^2} = 1,103 \frac{KN}{m^2}$$

Por lo tanto, la carga muerta (**CM**) tiene un valor de:

$$CM = G1 + G2 = 3 \frac{KN}{m^2} + 1,103 \frac{KN}{m^2} = 4,103 \frac{KN}{m^2}$$

## 4. ACCIONES VARIABLES

Son aquellas cuyo valor varía frecuentemente a lo largo del tiempo, de forma no monótona. Dentro de este grupo se incluirán sobrecargas de uso y acciones climáticas.

Podemos distinguir tres grupos:

- Sobrecargas de uso
- Viento
- Acciones térmicas
- Nieve

### 4.1 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

Tanto para la nave industrial, como para la marquesina se dispone de una cubierta ligera. Esta será únicamente accesible para conservación y descansara sobre las correas colocados entre las celosías o pórticos. Por lo tanto, la tabla 3.1 del CTE-DB-SE-AE, nos indica que nos encontramos en categoría de uso G, y en la subcategoría de uso G1 (cubiertas ligeras sobre correas, sin forjado). Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para la caseta (oficina administrativa). Por lo tanto, la *Tabla 23, Valores característicos de las sobrecargas de uso*, nos indica que nos encontramos dentro de la categoría de uso A, zonas administrativas.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup> (16)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 23, Valores característicos de las sobrecargas de uso. Tabla 3.1 del CTE-DB-SE-AE

Por lo tanto tenemos una sobrecarga de uso superficial de 0,4 KN/m<sup>2</sup> y una carga concentrada de 1 KN que se utilizará para la comprobación local de los elementos de la cubierta (fundamentalmente las correas).

Esta carga será aplicada en el **pórtico interior (PI)** como lineal, y la calcularemos según la *Ecuación 4, Sobrecarga de uso, pórtico interior*:

$$qu \left[ \frac{KN}{m} \right] = s \cdot Qu \quad \text{Ecuación 4, Sobrecarga de uso, pórtico interior}$$

Para el **pórtico de fachada (PF)** será la mitad que la del pórtico interior, y la calcularemos según la *Ecuación 5, Sobrecarga de uso, pórtico fachada*:

$$qu \left[ \frac{KN}{m} \right] = \frac{s}{2} \cdot Qu \quad \text{Ecuación 5, Sobrecarga de uso, pórtico fachada}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Por lo tanto, para el caso de la nave industrial como de la marquesina, (donde  $s =$  crujía = 10,73 metros):

	Pórtico Interior	Pórtico Fachada
<b>Qu [KN/m<sup>2</sup>]</b>	<b>qu[KN/m]</b>	<b>qu[KN/m]</b>
0,4	<b>4,292</b>	<b>2,146</b>

Para el caso de la caseta (oficina administrativa), tenemos una sobrecarga de uso de 0,2 KN/m<sup>2</sup> y una carga concentrada de 2 KN.

$$Q_u = 0.2 \text{ KN/m}^2$$

## 4.2 Viento

El viento es una masa de aire que se desplaza desde zonas de presión elevada hasta zonas de baja presión. El mismo se vincula con una multitud de fenómenos meteorológicos, tales como las lluvias, aumentos temporales de frío o calor, etc. El viento puede percibirse como un proceso propio de la atmósfera, que busca continuamente una situación de equilibrio.

Dependiendo de las circunstancias, puede alcanzar velocidades diversas, algunas de las cuales son tan elevadas que sin lugar a dudas son causantes de diversos destrozos.

El viento al encontrarse con obstáculos (por ejemplo las estructuras) la energía cinética se transforma en energía de presión.

### 4.2.1 NAVE INDUSTRIAL

#### 4.2.1.1 Viento exterior

Las acciones dinámicas producidas por el viento se representan a través de fuerzas estáticas equivalentes. La acción del viento es, en general una fuerza perpendicular de la superficie de cada punto expuesto, o una **presión estática,  $q_e$**  que puede expresarse según la Ecuación 6, presión estática:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

*Ecuación 6, Presión estática*

Donde:

- $q_b$  es la presión dinámica del viento
- $C_e$  es el coeficiente de exposición, variable con la altura ( $z$ ) del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno ( $g$ ) donde se encuentra ubicada la construcción.
- $C_p$  es el coeficiente de presión o coeficiente eólico, que depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento.

4.2.1.1.1 Presión dinámica,  $q_b$ (Ecuación 7, Presión dinámica):

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

*Ecuación 7, Presión dinámica*

La densidad del aire ( $\delta$ ) depende, entre otros factores, de la altitud, de la temperatura ambiental y de la fracción de agua en suspensión. En general puede adoptarse el valor de  $1,25 \text{ Kg/m}^3$ .

El valor básico de la velocidad del viento ( $v_b$ ) en cada localidad puede obtenerse del mapa de la Figura 24, Valor básico de la velocidad del viento  $v_b$ .



Figura 23, Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$ . Figura D.1 del CTE-DB-SE-AE

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

La localización de la obra se encuentra ubicada en la zona A por el que el valor de la velocidad del viento es  $v_b = 26 \text{ m/s} = 93,6 \text{ km/h}$ .

Por lo tanto, el valor que toma la presión dinámica es de  $q_b = 0,42 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

#### 4.2.1.1.2 Coeficiente de exposición, $C_e(g, z)$

Para alturas sobre el terreno,  $z$  no mayor de 200 metros, puede determinarse con la expresión (Ecuación 8, Coeficientes de exposición y la Ecuación 9,  $F(g, z)$ ), según la Tabla 24, Coeficientes para tipo de entorno:

$$C_e(g, z) = F(g, z) \cdot [F(g, z) + 7 \cdot k(g)] \quad \text{Ecuación 8, Coeficientes de exposición}$$

$$F(g, z) = k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z; Z(g))}{L(g)}\right) \quad \text{Ecuación 9, } F(g, z)$$

Siendo:

- $k(g)$  Factor del terreno
- $L(g)$  Longitud de la rugosidad ( $z_0$ ), que se interpreta como el tamaño del torbellino que se forma por fricción del aire con la superficie del terreno.
- $Z(g)$   $Z_{min}$
- $z$  es la altura de cumbrera del edificio, que para la nave será de 13 metros y para la marquesina tiene una altura de 7,67 metros.

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Tabla 24, Coeficientes para tipo de entorno. Tabla D.2. Anejo D del CTE-DB-SE-AE

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

El grado de aspereza del entorno de la obra se puede clasificar como grado IV (Zona urbana en general, industrial o forestal) debido a que está ubicada en un polígono industrial. Los valores que se toman son los siguientes:

- $k(g) = 0,22$
- $L(g) = 0,3 \text{ m}$
- $Z(g) = 5 \text{ m}$

Resolviendo las ecuaciones anteriormente expuestas Ecuación 8, Coeficientes de exposición y la Ecuación 9, F (q, z):

$$F(g, z) = k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z; Z(g))}{L(g)}\right) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{\max(13; 5)}{0,3}\right) = 0,829$$

$$Ce(g, z) = F(g, z) \cdot [F(g, z) + 7 \cdot k(g)] = 0,829 \cdot [0,829 + 7 \cdot 0,22] = \mathbf{1,963}$$

Una vez que ya hemos calculado la presión dinámica del viento y el coeficiente de exposición, solo nos queda por determinar el coeficiente eólico para saber la carga que ejerce sobre la estructura.

#### 4.2.1.1.3 Coeficiente eólico o de presión exterior, Cpe

Para calcular este coeficiente hemos de tener en cuenta la orientación de la nave en función de la dirección en la que sopla el viento (Figura 25, Direcciones principales de viento en una nave genérica)

Las direcciones principales del viento que se pueden representar en el eje de coordenadas son:

- Lado 1, Izquierda, Viento 0°
- Lado 2, Trasero, Viento 90°
- Lado 3, Derecho, Viento 180°
- Lado 4, Frontal, Viento 270°

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

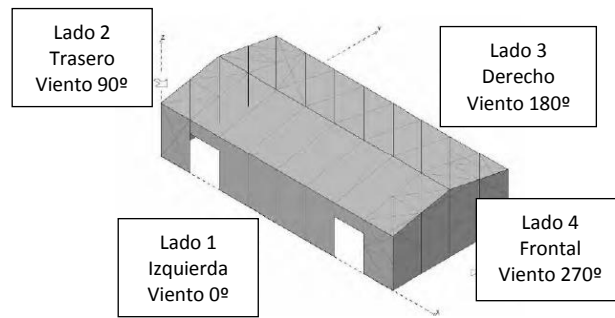
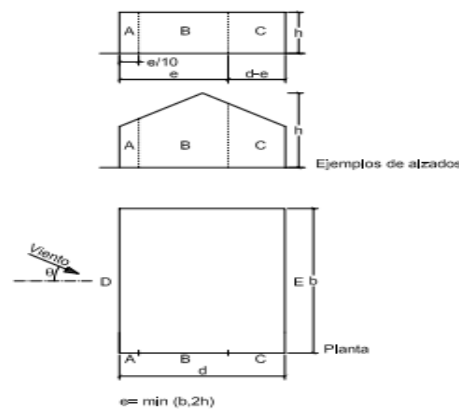


Figura 24, Direcciones principales de viento en una nave genérica

Al tener una nave simétrica en cuanto a paños exteriores, el viento frontal y trasero tendrá el mismo efecto, ocurrirá lo mismo con el viento izquierdo y el derecho.

**Viento lateral, paramentos verticales**

En primer lugar, se calcula los paramentos verticales del viento, aplicado en la dirección lateral. Dichos valores afectaran a los cerramientos del pórtico de fachada de la nave. Para este tipo de cubiertas utilizaremos la *Tabla 25, Paramentos verticales* que dice lo siguiente.



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Tabla 25, Paramentos verticales. Tabla D.3 del CTE-DB-SE-AE

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Se distinguen 5 zonas (A, B, C, D, E) repartidas por la fachada. Teniendo en cuenta que el área es mayor que  $10 \text{ m}^2$  y que la altura de cumbrera de la nave dividida la luz:

$$\frac{h}{d} = \frac{13}{42} = 0,309$$

Debemos interpolar los valores de la tabla entre  $h/d = [1 - \leq 0,25]$  para obtener el valor exacto de cada **coeficiente eólico,  $C_{pe}$** :

A ( $\text{m}^2$ )	h/d	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
$\geq 10$	1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
	$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
	0,309	<b>-1,2</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,707</b>	<b>-0,315</b>

Con estos valores ya podemos obtener el valor de la **presión estática,  $q_e$**  (Ecuación 6, presión estática):

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,42 \cdot 1,963 \cdot C_p$$

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
<b><math>q_e</math></b>	-0,975 KN/m <sup>2</sup>	-0,659 KN/m <sup>2</sup>	-0,412 KN/m <sup>2</sup>	0,583 KN/m <sup>2</sup>	-0,260 KN/m <sup>2</sup>

La extensión de estas zonas viene definida por el parámetro “e”. Como indica la Tabla 25 según la expresión:

$$e = \min(b, 2h) = \min(85,84; 2 \cdot 13) = 26 \text{ m}$$

### **Viento frontal, paramentos verticales**

En segundo lugar, se calcula los paramentos verticales del viento, aplicado en la dirección frontal o trasero. Para este tipo de cubiertas utilizaremos la Tabla D.3 del CTE-DB-SE-AE que dice lo siguiente (se encuentra en el apartado anterior). Dichos valores afectaran a los cerramientos del pórtico de fachada de la nave. Teniendo en cuenta que el área es mayor que  $10 \text{ m}^2$  y que la altura de cumbrera de la nave dividida la longitud de la nave:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\frac{h}{d} = \frac{13}{85,84} = 0,151$$

Para obtener el valor exacto de cada coeficiente eólico,  $C_{pe}$  debo irme a  $h/d = [\leq 0,25]$  ya que  $h/d=0,151$  es menor.

A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
≥10	≤0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3
	0,151	<b>-1,2</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,7</b>	<b>-0,3</b>

Con estos valores ya podemos obtener el valor de la **presión estática**,  $q_e$  (Ecuación 6, presión estática):

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,42 \cdot 1,963 \cdot C_p$$

	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
<b><math>q_e</math></b>	-0,989 KN/m <sup>2</sup>	-0,659 KN/m <sup>2</sup>	-0,412 KN/m <sup>2</sup>	0,577 KN/m <sup>2</sup>	-0,247 KN/m <sup>2</sup>

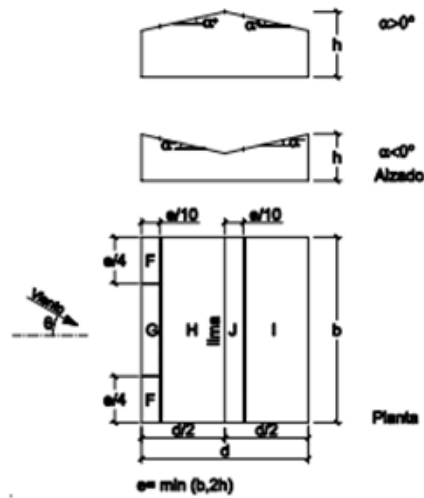
La extensión de estas zonas viene definida por el parámetro “e”. Como indica la Tabla 25 según la expresión:

$$e = \min(b, 2h) = \min(42; 2 \cdot 13) = 26 \text{ m}$$

### Viento lateral, cubierta a dos aguas

A continuación calcularemos las acciones aplicadas a la cubierta de la nave ocasionadas por los vientos laterales. En este caso nos encontramos con una cubierta a dos aguas. Para este tipo de cubiertas utilizaremos Tabla 26, Cubiertas a dos aguas a) Dirección del viento -45° ≤ θ ≤ 45°.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	-0,6	0,2
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0

Tabla 26, Cubiertas a dos aguas a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \vartheta \leq 45^\circ$ . Tabla D.6 del CTE-DB-SE-AE

El ángulo que forma la cubierta tiene un valor de 5,44°, por lo tanto tocaría interpolar entre los valores de 5° y 15°, para obtener el valor de cada **coeficiente eólico, Cpe**:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

<i>Pendiente de la cubierta <math>\alpha</math></i>		$A(m^2)$	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
5°	≥10		+1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
			0	0	0	-0,6	-0,6
15°			-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
			0,2	0,2	0,2	0	0
5,44°			<b>1,585</b>	<b>-1,182</b>	<b>-0,586</b>	<b>-0,591</b>	<b>0,147</b>
			<b>0,008</b>	<b>0,008</b>	<b>0,008</b>	<b>-0,573</b>	<b>-0,573</b>

En este caso se consideran dos hipótesis al calcular las cargas sobre cubiertas, esto es debido a que la acción del viento en dichas zonas puede variar de succión a presión, y se han de considerar ambas situaciones.

Con estos valores ya podemos obtener el valor de la **presión estática,  $q_e$**  (Ecuación 6, presión estática):

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,42 \cdot 1,963 \cdot C_p$$

	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I	Zona J
$q_e$	1,306 KN/m <sup>2</sup>	-0,974 KN/m <sup>2</sup>	-0,483 KN/m <sup>2</sup>	-0,487 KN/m <sup>2</sup>	0,121 KN/m <sup>2</sup>
	<b>0,006 KN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,006 KN/m<sup>2</sup></b>	<b>0,006KN/m<sup>2</sup></b>	<b>-0,472 KN/m<sup>2</sup></b>	<b>-0,472 KN/m<sup>2</sup></b>

La extensión de estas zonas viene definida por el parámetro “e”. Como indica la Tabla 26 según la expresión:

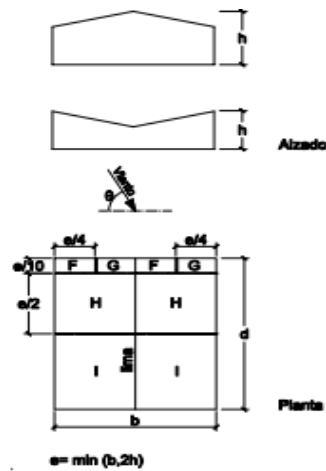
$$e = \min(b, 2h) = \min(85,84; 2 \cdot 13) = 26 \text{ m}$$

### Viento frontal, cubierta a dos aguas

A continuación calcularemos las acciones aplicadas a la cubierta de la nave ocasionadas por el viento frontal. En este caso nos encontramos con una cubierta a dos aguas. Para este tipo de cubiertas utilizaremos la Tabla 27, Cubiertas a dos aguas b) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$  que dice lo siguiente.



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Tabla 27, Cubiertas a dos aguas b) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ . Tabla D.6 del CTE-DB-SE-AE

El ángulo que forma la cubierta tiene un valor de 5,44°, por lo tanto tocaría interpolar entre los valores de 5° y 15°, para obtener el valor de cada **coeficiente eólico, Cpe**:

Pendiente de la cubierta $\alpha$	A(m <sup>2</sup> )	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
15°		-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
5,44°		-1,58	-1,3	-0,6956	-0,5956

Con estos valores ya podemos obtener el valor de la **presión estática, qe** (Ecuación 6, presión estática):

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,42 \cdot 1,963 \cdot C_p$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

	Zona F	Zona G	Zona H	Zona I
$q_e$	1,303 KN/m <sup>2</sup>	-1,072 KN/m <sup>2</sup>	-0,573 KN/m <sup>2</sup>	-0,491 KN/m <sup>2</sup>

La extensión de estas zonas viene definida por el parámetro “e”. Como indica la Tabla D6 del CTE-DB-SE-AE según la expresión:

$$e = \min(b, 2h) = \min(42; 2 \cdot 13) = 26 \text{ m}$$

#### 4.2.1.1.4 Viento interior

La acción del viento en el interior de la nave puede considerarse como una acción accidental en situación extraordinaria o como una acción persistente o transitoria.

El Euro código – EC1. Acciones en estructuras en relación con la acción del viento y las situaciones de proyecto indica que cuando los huecos de puertas o ventanas se consideren cerrados en situación de tormenta (vendaval), los efectos de apertura (presión interior) se deberán tener en cuenta como una acción accidental en situación extraordinaria de proyecto.

En relación con la presión interior producida por un hueco, el Euro código – EC1. Acciones en estructuras, indica que: cuando un hueco externo, como una puerta o una ventana, pudiera ser dominante pero se considera cerrado en estado límite último, en situación de tormenta (vendaval), el efecto de apertura debe considerarse como una situación accidental de proyecto.

El valor de  $q_b$  es el mismo e igual al calculado con anterioridad ( $q_b = 0.42 \text{ KN/m}^2$ ). También es común el valor del coeficiente de exposición interior  $C_{ei}$ , que es distinto al calculado anteriormente para el viento exterior.

$$q_{ei} = q_b \cdot C_{ei}(g, z) \cdot C_{pi}$$

*Ecuación 10, Coeficiente de exposición interior (C<sub>ei</sub>)*

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para calcular  $C_{ei}$ , se estima que existe un hueco dominante (las puertas de la fachada izquierda), que tiene una altura total de 4,5 metros, por tanto su punto medio está situado a  $z = 2,25$  m. Realizando el mismo cálculo que con el viento exterior tenemos lo siguiente:

El grado de aspereza del entorno de la obra se puede clasificar como grado IV (Zona urbana en general, industrial o forestal) debido a que está ubicada en un polígono industrial. Los valores que se toman son los siguientes:

- $k(g) = 0,22$
- $L(g) = 0,3$  m
- $Z(g) = 5$  m

Resolviendo la *Ecuación 8, Coeficientes de exposición* y la *Ecuación 9,  $F(g, z)$* :

$$F_i(g, z) = k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z; Z(g))}{L(g)}\right) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{\max(2,25; 5)}{0,3}\right) = 0,618$$

$$C_{ei}(g, z) = F_i(g, z) \cdot [F_i(g, z) + 7 \cdot k(g)] = 0,618 \cdot [0,618 + 7 \cdot 0,22] = 1,336$$

Ahora nos queda calcular el coeficiente de presión interior  $C_{pi}$ , que será diferente en función de la situación que se suponga para la acción del viento interior.

Si se establece la acción del viento como una acción accidental, tal y como se establece en el EC1, se deben emplear la combinatoria de estas situaciones, y como valores del coeficiente de viento interior ( $C_{pi}$ ) los más desfavorables en la situación de presión y succión interior. Según la *Tabla 28, Coeficientes de presión interior* y la *Figura 26, Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana* que aparecen a continuación.

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
$\geq 4$	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

Tabla 28, Coeficientes de presión interior. Tabla 3.5 del CTE-DB-SE-AE

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

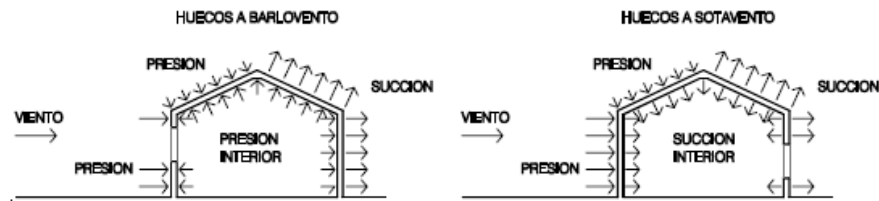


Figura 25, Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana. Figura 3.1, CTE-DB-SE-AE

El área de huecos total del edificio lo podríamos simplificar en la suma de las dos puertas con mayores dimensiones, ya que su área es muy superior a la del resto de huecos.

- Área total de los huecos de mayor dimensiones:

$$A = (4,5 \cdot 4,8) \cdot 2 = 43,2 \text{ m}^2$$

En una situación de viento lateral izquierdo (huecos a barlovento) con el resto de huecos completamente cerrados, tendríamos que el área de huecos de succión respecto al área total de huecos sería 0. En el caso contrario de que el resto de huecos permanecieran abiertos sería 1.

Para este caso, se ha decidido considerar los coeficientes de viento interior ( $C_{pi}$ ) más desfavorables y extremos, para estar de lado de la seguridad. En este caso son los que aparecen en la [Tabla 28](#):

- Caso 1, puerta cerrada:  $A_{HS}/A_{HT} = 0 \rightarrow C_{pi} = 0,7$
- Caso 2, puerta abierta:  $A_{HS}/A_{HT} = 1 \rightarrow C_{pi} = -0,5$

Para el caso 1, la acción del viento será según la [Ecuación 10, Coeficiente de exposición interior](#):

$$Q_{ei\_presión} = q_b \cdot C_{ei}(g, z) \cdot C_{pi} = 0,42 \cdot 1,336 \cdot 0,7 = 0,393 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

La carga aplicada al pórtico interior tiene un valor:

$$q_{ei\_presión} = Q_{ei\_presión} \cdot s = 0,393 \cdot 10,73 \text{ m} = 4,214 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para el caso 2, la acción del viento será según la Ecuación 10, Coeficiente de exposición interior:

$$Qe_{i_{succión}} = qb \cdot C_{ei}(g, z) \cdot C_{pi} = 0,42 \cdot 1,336 \cdot -0,5, = -0,280 \frac{KN}{m^2}$$

Carga aplicada al pórtico interior tiene un valor:

$$qe_{i_{succión}} = Qe_{i_{succión}} \cdot s = -0,280 \cdot 10,73 m = -3,010 \frac{KN}{m^2}$$

## 4.2.2 MARQUESINA

### 4.2.2.1 Viento exterior

A continuación calcularemos las acciones aplicadas a la marquesina a un agua. Para este tipo utilizaremos la Tabla 29, Marquesina a un agua que dice lo siguiente.

El grado de obstrucción del flujo del viento por debajo de una marquesina se caracteriza mediante el factor de obstrucción,  $\phi$ , definido como la relación entre el área obstruida y el área de la sección total bajo la marquesina. Ambas áreas se consideran en un plano perpendicular a la dirección del viento.

Los coeficientes de presión tienen en cuenta los efectos del viento actuando sobre ambas superficies, la superior y la inferior. Un valor negativo del coeficiente indica que la acción del viento tiende a levantar la marquesina, y un valor positivo lo contrario. Por regla general, a efectos del dimensionado de las marquesinas se deberán considerar ambas situaciones.

Los coeficientes de presión representan la máxima presión localizada sobre un área de por lo menos  $10 m^2$ . Los coeficientes de presión se podrán emplear en el dimensionado de los elementos de cobertura y de sus fijaciones.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

A efectos del dimensionado de la estructura, la resultante de la acción del viento se supondrá actuando a una distancia de  $d/4$ , medida desde el borde de barlovento.

A sotavento del punto de máximo bloqueo, se emplearán los valores de los coeficientes de presión exterior correspondientes a un factor de obstrucción  $\phi=0$ .

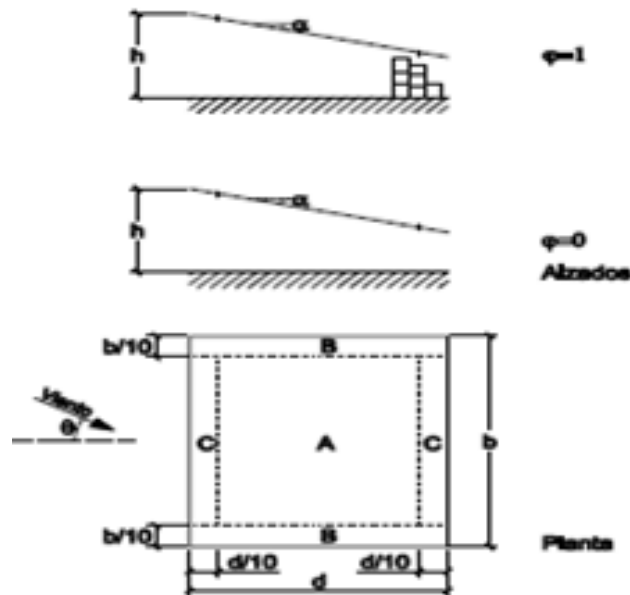


Tabla 29, Marquesina a un agua

Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\phi$	Coeficientes de presión exterior		
			$c_{pe,10}$		
			Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Tabla 29, Marquesina a un agua. Tabla D.10 del CTE-DB-SE-AE

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

El grado de aspereza del entorno de la obra se puede clasificar como grado IV (Zona urbana en general, industrial o forestal) debido a que está ubicada en un polígono industrial. Los valores que se toman son los siguientes:

- $k(g) = 0,22$
- $L(g) = 0,3 \text{ m}$
- $Z(g) = 5 \text{ m}$

Resolviendo las ecuaciones anteriormente expuestas (Ecuación 8, Coeficientes de exposición y la Ecuación 9,  $F(g, z)$ ):

$$F(g, z) = k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z; Z(g))}{L(g)}\right) = 0,22 \cdot \ln\left(\frac{\max(7,67; 5)}{0,3}\right) = 0,713$$

$$Ce(g, z) = F(g, z) \cdot [F(g, z) + 7 \cdot k(g)] = 0,713 \cdot [0,713 + 7 \cdot 0,22] = 1,606$$

El valor de **qb** es el mismo e igual al calculado con anterioridad (**qb**= 0.42 KN/m<sup>2</sup>).

Por lo tanto, solo nos faltaría obtener los coeficientes de presión exterior **Cp**. Al encontrarse la marquesina adosada a la nave industrial, el factor de obstrucción  $\phi$  a considerar será totalmente obstruido. El ángulo que forma la cubierta tiene un valor de 4,92°, por lo tanto tocaría interpolar entre los valores de 0° y 5°, para obtener el valor de cada **coeficiente eólico**, **Cpe**:

Pendiente de la cubierta $\alpha$	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción $\phi$	Zona A	Zona B	Zona C
0°	Arriba	Cubierta totalmente obstruida $\phi=1$	-1,5	-1,8	-2,2
5°			-1,6	-2,2	-2,5
4,92°			<b>-1,598</b>	<b>-2,19</b>	<b>-2,495</b>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Con estos valores ya podemos obtener el valor de la **presión estática exterior**  $q_e$  *Ecuación 6, presión estática*):

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p = 0,42 \cdot 1,606 \cdot C_p$$

		Zona A	Zona B	Zona C
$q_e$	Cubierta totalmente obstruida $\phi=1$	-1,078 KN/m <sup>2</sup>	-1,477 KN/m <sup>2</sup>	-1,683 KN/m <sup>2</sup>

### 4.3 Térmicas

Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimientos, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico.

Las variaciones de la temperatura en el edificio conducen a deformaciones de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados.

La disposición de las juntas de dilatación puede contribuir a disminuir los efectos de las variaciones de la temperatura. En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se depongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 metros de longitud.

Para nuestro caso no se consideran acciones térmicas ya que nuestra estructura no dispone de elementos continuos de más de 40 m de longitud, ni las correas que están dispuestas cada tres vanos.



#### 4.4 Nieve

El CTE-DB-SE-AE comenta que la distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

La acumulación de nieve sobre las cubiertas produce cargas verticales que según la ubicación geográfica de la estructura y la forma de la cubierta pueden adquirir valores significativos.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, puede tomarse según la *Ecuación 11, Carga de nieve*:

$$Q_n = \mu \cdot S_k \quad \text{Ecuación 11, Carga de nieve}$$

Donde:

- $\mu$  es el coeficiente de forma de la cubierta. Es función del ángulo de inclinación de la cubierta.
- $S_k$  es el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

El CTE expresa que para valores de cubiertas con inclinación menor o igual a 30º, el coeficiente de forma de la cubierta tomara un valor de  $\mu = 1$ .

La nave industrial tiene una inclinación de 5,44º; por lo tanto el coeficiente de forma de la cubierta de la nave tendrá un valor de 1. Para la marquesina, al tener una inclinación de 4,92º; el coeficiente de forma de la cubierta de la marquesina tendrá un valor de 1. Y para la caseta (oficina), apenas presenta inclinación alguna, el coeficiente de forma de la cubierta tendrá un valor de 1.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal ( $S_k$ ) es función de la altitud y la zona climática donde se encuentra el emplazamiento. Según la *Tabla 30, Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas*

Capital	Altitud m	$S_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$S_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$S_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebastián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Léride / Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1.090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	850	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Tabla 30, Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas. Tabla 3.7 del CTE-DB-SE-AE.

En otras localidades el valor puede deducirse de la *Figura 27, Zonas climáticas de invierno* y de la *Tabla 31, Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal [kN/m<sup>2</sup>]* en función de la zona (ZC) y de la altitud topográfica (H) del emplazamiento de la obra.

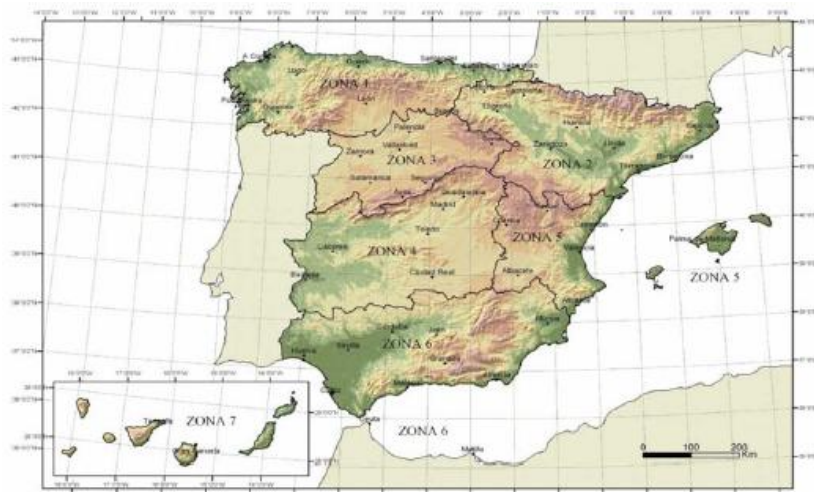


Figura 26, Zonas climáticas de invierno. Figura E.2 del CTE-DB-SE-AE.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,0	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 31, Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal [KN/m<sup>2</sup>]. Tabla E.2 del CTE-DB-SE-AE.

Como valor de carga de nieve en un terreno horizontal, (Sk) puede tomarse tanto de la [Tabla 31](#), que es función de la altitud del emplazamiento o término municipal, y de las zonas climáticas de invierno [Figura 27](#).

La empresa UBE., se encuentra ubicada en Castellón de la plana, que se encuentra dentro de la zona climática 5, y tiene una altitud de 30 metros. Según la [Tabla 31](#), el valor de la carga de nieve en un terreno horizontal, (Sk) toma un valor de 0,2; ya que dicha nave se encuentra a una altura próxima al nivel del mar.

Por lo tanto la carga de nieve se calculara según la [Ecuación 11, Carga de nieve](#):

$$Q_n = \mu \cdot S_k = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \frac{KN}{m^2}$$

Por lo tanto, para el caso de la nave industrial como de la marquesina, (donde s = crujía = 10,73 metros):

Esta carga será aplicada en el pórtico interior (PI) como lineal, y la calcularemos como:

$$q_n \left[ \frac{KN}{m} \right] = s \cdot Q_n = 10,73 \cdot 0,2 = 2,146 \frac{KN}{m}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Se tendrá en cuenta las posibles distribuciones asimétricas de nieve, debidas al transporte de la misma por efecto del viento, reduciendo a la mitad el efecto de forma de las partes en que la acción sea favorable.

Por lo tanto, para la nave industrial,

<i>Hipótesis I</i>	Faldón Derecho	Faldón Izquierdo
$\mu_1(\alpha_1) = \mu_2(\alpha_2)$	$qn = 2,146 \frac{KN}{m}$	$qn = 2,146 \frac{KN}{m}$
<i>Hipótesis II</i>	Faldón Derecho	Faldón Izquierdo
$0,5 \cdot \mu_1(\alpha_1) \neq \mu_2(\alpha_2)$	$qn = 1,073 \frac{KN}{m}$	$qn = 2,146 \frac{KN}{m}$
<i>Hipótesis III</i>	Faldón Derecho	Faldón Izquierdo
$\mu_1(\alpha_1) \neq \mu_2(\alpha_2) \cdot 0,5$	$qn = 2,146 \frac{KN}{m}$	$qn = 1,073 \frac{KN}{m}$

Para la marquesina, tan solo habrá dos hipótesis ya que solo hay un faldón.

<i>Hipótesis I</i>	Faldón Izquierdo
$\mu_1(\alpha_1)$	$qn = 2,146 \frac{KN}{m}$
<i>Hipótesis II</i>	Faldón Izquierdo
$0,5 \cdot \mu_1(\alpha_1)$	$qn = 1,073 \frac{KN}{m}$

Para la caseta (oficina administrativa), únicamente habrá una hipótesis.

$$Q_n = \mu \cdot S_k = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \frac{KN}{m^2}$$

## ANEXO 2: PREDIMENSIONAMIENTO

### 1. INTRODUCCIÓN

En este anexo calcularemos un valor orientativo, del radio de giro mínimo. El cual nos servirá de punto de partida para la elección del perfil adecuado según el elemento seleccionado. Además nos servirá para contrastar los resultados obtenidos con el programa *Cype*.

Realizaremos un pre-dimensionamiento. Para que nuestro elemento no falle por esbeltez, tendremos en cuenta el valor del radio de giro mínimo (en centímetros), para ello utilizaremos las siguientes ecuaciones (*Ecuación 12, Longitud equivalente* y *Ecuación 13, Límite de esbeltez reducida*):

$$Lk = \beta \cdot \text{long. elemento}$$

*Ecuación 12, Longitud equivalente*

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{lim}} = \frac{Lk}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}}$$

*Ecuación 13 Límite de esbeltez reducida*

$\bar{\lambda}$  Es el límite de esbeltez reducida, el cual según como este trabajando la barra tendrá un valor u otro.

$fy$  Es el valor del límite elástico del acero S275 el cual como su propio nombre Indica tiene un valor de 275 MPa.

$E$  Es el módulo de elasticidad del acero cuyo valor es de 210 GPa.

$Lk$  Es la longitud de pandeo la cual se obtendrá al multiplicar el coeficiente  $\beta$  de Pandeo por la longitud de nuestra barra.

$\beta$  Depende de las condiciones de contorno sustentación.

$i_{min}$  Es el radio de giro mínimo.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Despejando el radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{\beta \cdot \text{long. elemento}}{\bar{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}} \quad \text{Ecuación 14, Radio de giro mínimo}$$

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{\frac{Lk}{i_{min}}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}} \leq \lambda \quad \text{Ecuación 15, Esbeltez reducida máxima}$$

## 2. PILARES

### 2.1 Pilar esquinero Nave Industrial

Dicho pilar tiene una altura  $h_p = 11$  m, y los betas de pandeo tanto del pórtico como el perpendicular al pórtico, toman el valor de  $\beta = 0,7$ .

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{0,7 \cdot 11000}{2 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 44,347 \text{ mm}$$

Mirando en la tabla de IPE, según:

Eje Fuerte (iy)	Eje Débil (iz)
iy=49 mm IPE 120	No existe perfil que cumpla, miro <b>HEB</b>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Mirando en la tabla de HEB, según:

Eje Fuerte (iy)	Eje Débil (iz)
iy=50,4 mm HEB 120	iz=45,7 mm HEB 180

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\lambda_{max} = \frac{\frac{Lk}{i_{min}}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}} = \frac{0,7 \cdot 11000}{86,814 \cdot 45,7} = 1,94 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **HEB 180** sería el perfil seleccionado para este caso.

## 2.2 Pilar interior Nave Industrial

Dicho pilar tiene una altura  $h_p = 11$  m, y a la altura de la viga perimetral se encuentra a 7,67 m, por lo que el pilar dispone de una parte inferior y superior, en la que varían los betas de pandeo del pórtico y el beta perpendicular al pórtico. Para dichos betas de pandeo se ha tomado un valor teórico de una tipología tipo de una nave simple, que no es exactamente la desarrollada en este proyecto, pero que nos ayudara a partir de un perfil más óptimo. Los valores teóricos de los betas son los siguientes:

	Parte inferior h=7,67 m	Parte superior h=3,33 m
Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1,4$	$\beta_{xy} = 1,4$
Eje débil	$\beta_{xz} = 0,7$	$\beta_{xz} = 1$

El caso más desfavorable es la parte inferior del pilar, en el eje débil más concretamente con un  $\beta_{xy} = 1,4$ .

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

Asumiendo el pilar sin viga perimetral, el radio de giro mínimo (Ecuación 14, Radio de giro mínimo):

Parte inferior h=11000 mm	
Eje fuerte	$i_{min} \geq 88,69 \text{ mm}$
Eje débil	$i_{min} \geq 44,34 \text{ mm}$

Mirando en la tabla de HEB, según:

Eje Fuerte (iy)	Eje Débil (iz)
iy=94,3 mm <b>HEB 220</b>	iz=45,7 mm HEB 180

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{\frac{Lk}{i_{min}}}{\frac{\sqrt{2 \pi^2 \cdot E}}{\sqrt{f_y}}} = \frac{1,4 \cdot 11000}{86,814 \cdot 94,3} = 1,811 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **HEB 220** sería el perfil seleccionado para este caso.

### 2.3 Pilar hastial Nave Industrial

Dicho pilar tiene una altura  $h_p = 11,4 \text{ m}$ , este pilar se encuentra con los ejes cambiados para soportar el viento frontal. La altura de la viga perimetral se encuentra a 7,67 m, por lo que el pilar dispone de una parte inferior y superior, en la que varían los betas de pandeo del pórtico y el beta perpendicular al pórtico, queda de la siguiente manera:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

	Parte inferior h=7,67 m	Parte superior h=3,73 m
Eje débil	$\beta_{xy} = 0,7$	$\beta_{xy} = 0,7$
Eje fuerte	$\beta_{xz} = 0,7$	$\beta_{xz} = 1$

El caso más desfavorable es la parte inferior del pilar, en el eje fuerte más concretamente con un  $\beta_{xy} = 0,7$ .

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

Asumiendo el pilar sin viga perimetral, el radio de giro mínimo (Ecuación 14, Radio de giro mínimo):

Parte inferior h=11400 mm	
Eje débil	$i_{min} \geq 45,96 \text{ mm}$
Eje fuerte	$i_{min} \geq 45,96 \text{ mm}$

Mirando en la tabla de HEB, según:

Eje Fuerte (iz)	Eje Débil (iy)
iz=50,7 mm <b>HEB 220</b>	iy=50,4 mm HEB 120

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}} = \frac{0,7 \cdot 11000}{86,814 \cdot 50,7} = 1,813 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **HEB 220** sería el perfil seleccionado para este caso.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

## 2.4 Pilar interior Marquesina

Dicho pilar tiene una altura  $h_p = 6,55$  m, y los betas de pandeo son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1,4$
Eje débil	$\beta_{xz} = 0,7$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

Eje débil	$i_{min} \geq 26,41$ mm
Eje fuerte	$i_{min} \geq 52,81$ mm

Mirando en la tabla de IPE, según:

Eje Fuerte (iy)	Eje Débil (iz)
iy=57,4 mm IPE 140	iy=26,9 mm <b>IPE 240</b>

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}} = \frac{0,7 \cdot 6550}{86,814 \cdot 26,9} = 1,963 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **IPE 240** sería el perfil seleccionado para este caso.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

## 2.5 Pilar esquinero Caseta

Dicho pilar tiene una altura  $h_p = 6,55$  m, y los betas de pandeo son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1,4$
Eje débil	$\beta_{xz} = 0,7$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

Eje débil	$i_{min} \geq 26,41$ mm
Eje fuerte	$i_{min} \geq 52,81$ mm

Mirando en la tabla de IPE, según:

Eje Fuerte (iy)	Eje Débil (iz)
iy=57,4 mm IPE 140	iz=26,9 mm <b>IPE 240</b>

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{L_k}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}}}} = \frac{0,7 \cdot 6550}{86,814 \cdot 26,9} = 1,963 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **IPE 240** sería el perfil seleccionado para este caso.

### 3. PÓRTICO O CERCHA

#### 3.1 Cercha Nave Industrial

En un principio se ha diseñado una nave a dos pórticos a dos aguas, pero no cumplía ninguno de los perfiles, por lo que se ha optado por, realizar la nave con cerchas debido a la gran luz que presentan. La longitud de la barra es de 21,095 m.

Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 0$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot 2110}{2 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 12,152 \text{ mm}$$

Mirando en la tabla del perfil RHS, el perfil que cumple es el  $i_{y\_min} = 16,2 \geq 12,152$  es el RHS 60x40x2.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}} = \frac{1 \cdot 2110}{86,814 \cdot 16,2} = 1,5 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **RHS 60x40x2** sería el perfil seleccionado para este caso.

### 3.2 Pórtico Marquesina

La marquesina solo dispone de un pórtico a un agua, este pórtico tiene una longitud de 13048,15 mm.

Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 0$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot 13048,15}{2 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 75,15 \text{ mm}$$

Buscando en la tabla de perfiles IPE, el perfil IPE 200 con un  $i_y=82,6$  mm.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}} = \frac{1 \cdot 13048,15}{86,814 \cdot 82,6} = 1,819 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **IPE 200** sería el perfil seleccionado para este caso.

### 3.3 Vigas Caseta

Para las vigas que tiene una menor longitud, más concretamente de 3 m. Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 0$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot 3000}{2 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 17,27 \text{ mm}$$

Buscando en la tabla de perfiles IPE, el perfil IPE 80 con un  $i_y=32,4$  mm.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{i_{min}} = \frac{1 \cdot 13048,15}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}} = 1,066 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **IPE 80** sería el perfil seleccionado para este caso.

Para las vigas que tienen una mayor longitud, más concretamente 8,4 m. Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 0$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot 8400}{2 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 48,37 \text{ mm}$$

Buscando en la tabla de perfiles IPE, el perfil IPE 120 con un  $i_y=49$  mm.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\bar{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{\frac{imin}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}} = \frac{1 \cdot 13048,15}{86,814 \cdot 49} = 1,974 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil **IPE 120** sería el perfil seleccionado para este caso.

## 4. VIGA CONTRAVIENTO VCV

### 4.1 Montantes

Los montantes tienen una distancia de 10,73 m. Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.2.1 limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  en elementos principales a  $\bar{\lambda} \leq 2$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$imin \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot 10730}{2 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 61,798 \text{ mm}$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Buscando en la tabla de los perfiles cuadrados huecos, el perfil 160x160x5 con un  $i_y=63,7$  mm.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{\frac{i_{min}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}}} = \frac{1 \cdot 10730}{86,814 \cdot 63,7} = 1,94 \leq 2$$

Por lo tanto, el perfil cuadro hueco **160x160x5** sería el perfil seleccionado para este caso.

## 4.2 Diagonales

Dicho arriostramiento tiene una longitud de 15,012 m. Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.1 (2) limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  a las barras que trabajan a tracción de la estructura principal, que no supere los  $\bar{\lambda} \leq 3$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot \frac{15012}{2}}{3 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 28,821 \text{ mm}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Buscando en la tabla de los perfiles en L angulares simétricos, el perfil L150x150x10 con un  $i_v=29,6$  mm.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{i_{min}} = \frac{1 \cdot \frac{15012}{2}}{86,814 \cdot 29,6} = 2,92 \leq 3$$

Por lo tanto, el perfil en L angulares simétricos, el perfil **L150x150x10** sería el perfil seleccionado para este caso.

## 5. CRUZ DE SAN ANDRES (CSA)

Considerando que no hay viga perimetral a los 7,67 m, dicha CSA tiene una longitud de 15,366 m. Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.1 (2) limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  a las barras que trabajan a tracción de la estructura principal, que no supere los  $\bar{\lambda} \leq 3$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot \frac{15366}{2}}{3 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 29,50 \text{ mm}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Buscando en la tabla de los perfiles en L angulares simétricos, el perfil L150x150x10 con un  $i_v=29,6$  mm.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (*Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima*):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{Lk}{i_{min}} = \frac{1 \cdot \frac{15366}{2}}{86,814 \cdot 29,6} = 2,98 \leq 3$$

Por lo tanto, el perfil en L angulares simétricos, el perfil **L150x150x10** sería el perfil seleccionado para este caso.

## 6. VIGA PERIMETRAL (VP)

Los barra perimetrales tienen una distancia de 10,73 m. Los betas de pandeo que presentan son los siguientes:

Eje fuerte	$\beta_{xy} = 1$
Eje débil	$\beta_{xz} = 1$

Según el CTE-DB SE-A 6.3.1 (2) limita la esbeltez reducida,  $\bar{\lambda}$  a las barras que trabajan a tracción de la estructura principal, que no supere los  $\bar{\lambda} \leq 4$ .

El radio de giro mínimo (*Ecuación 14, Radio de giro mínimo*):

$$i_{min} \geq \frac{Lk}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{1 \cdot 10730}{4 \cdot \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3}{275}}} = 30,89 \text{ mm}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Buscando en la tabla de los perfiles cuadrados huecos, el perfil 90x90x3 con un  $i_y=35,4$  mm.

Comprobación de condición de esbeltez reducida máxima (Ecuación 14, Esbeltez reducida máxima):

$$\overline{\lambda}_{max} = \frac{\frac{Lk}{i_{min}}}{\sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{fy}}} = \frac{1 \cdot 10730}{86,814 \cdot 35,4} = 3,49 \leq 4$$

Por lo tanto, el perfil cuadro hueco **90x90x3** sería el perfil seleccionado para este caso.

## **ANEXO 3: COMPROBACIONES**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En este anexo se adjuntan algunos de los listados generados por el *Generador de Pórticos* y por el *CYPE*. Los listados E.L.U. contienen todas las comprobaciones que estos programas realizan para dimensionar determinados elementos de hormigón y acero. Cada comprobación hace referencia a la norma y al artículo que la requiere, o al criterio que se ha tenido en cuenta para realizarla. El detalle de los listados E.L.U. los convierte en documentos esenciales con los que el usuario puede verificar, justificar y optimizar el dimensionamiento de los elementos estructurales analizados.

### **2. DATOS GENERALES DE LA OBRA E HIPÓTESIS CONSIDERADAS**

#### **2.1 Nave Industrial**

##### Datos de la obra

Separación entre pórticos: 10.73 m

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m<sup>2</sup>

- Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m<sup>2</sup>

Con cerramiento en laterales

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m<sup>2</sup>

##### Normas y combinaciones

Perfiles conformados CTE

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

Perfiles laminados CTE

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

Desplazamientos Acciones características

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: A

Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 85.84

Con huecos:

- Área izquierda: 50.20

- Altura izquierda: 2.11

- Área derecha: 21.42

- Altura derecha: 1.17

- Área frontal: 2.94

- Altura frontal: 1.05

- Área trasera: 2.94

- Altura trasera: 1.05

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Presión interior

2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior

3 - V(0°) H3: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Presión interior

4 - V(0°) H4: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior

5 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Presión interior

6 - V(90°) H2: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior

7 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior

8 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior

9 - V(180°) H3: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior

10 - V(180°) H4: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior

11 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior

12 - V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior

### Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 5

Altitud topográfica: 30.00 m

Cubierta sin resaltos

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)

2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1

3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

### Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico MPa	Módulo de elasticidad GPa
Acero laminado	S275	275	210

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Datos de pórticos			
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior
1	Dos aguas	Luz izquierda: 21.00 m Luz derecha: 21.00 m Alero izquierdo: 11.00 m Alero derecho: 11.00 m Altura cumbre: 13.00 m	Viga en celosía

### 1.1.- Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

### 1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

#### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

- **Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000

**E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones: EHE-08**

<b>Cuasipermanente</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

**E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500



<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

### Tensiones sobre el terreno

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### Desplazamientos

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_A$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### 1.2.2.- Combinaciones

#### ■ Nombres de las hipótesis

PP	Peso propio
Q	Sobrecarga de uso
V(0°) H1	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(0°) H2	Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(0°) H3	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Presión interior
V(0°) H4	Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
V(90°) H1	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(90°) H2	Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(180°) H1	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(180°) H2	Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
V(180°) H3	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior
V(180°) H4	Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
V(270°) H1	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Presión interior
V(270°) H2	Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior
N(EI)	Nieve (estado inicial)
N(R) 1	Nieve (redistribución) 1
N(R) 2	Nieve (redistribución) 2

#### ■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
1	1.000																
2	1.600																
3	1.000		1.600														
4	1.600		1.600														
5	1.000			1.600													
6	1.600			1.600													
7	1.000				1.600												
8	1.600				1.600												
9	1.000					1.600											
10	1.600					1.600											
11	1.000						1.600										
12	1.600						1.600										

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
13	1.000							1.600									
14	1.600							1.600									
15	1.000								1.600								
16	1.600								1.600								
17	1.000									1.600							
18	1.600									1.600							
19	1.000										1.600						
20	1.600										1.600						
21	1.000											1.600					
22	1.600											1.600					
23	1.000												1.600				
24	1.600												1.600				
25	1.000													1.600			
26	1.600													1.600			
27	1.000														1.600		
28	1.600														1.600		
29	1.000		0.960												1.600		
30	1.600		0.960												1.600		
31	1.000			0.960											1.600		
32	1.600			0.960											1.600		
33	1.000				0.960										1.600		
34	1.600				0.960										1.600		
35	1.000					0.960									1.600		
36	1.600					0.960									1.600		
37	1.000						0.960								1.600		
38	1.600						0.960								1.600		
39	1.000							0.960							1.600		
40	1.600							0.960							1.600		
41	1.000								0.960						1.600		
42	1.600								0.960						1.600		
43	1.000									0.960					1.600		
44	1.600									0.960					1.600		
45	1.000										0.960				1.600		
46	1.600										0.960				1.600		
47	1.000											0.960			1.600		
48	1.600											0.960			1.600		
49	1.000												0.960		1.600		
50	1.600												0.960		1.600		
51	1.000													0.960	1.600		
52	1.600													0.960	1.600		

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
53	1.00 0		1.600												0.80 0		
54	1.60 0		1.600												0.80 0		
55	1.00 0			1.600											0.80 0		
56	1.60 0			1.600											0.80 0		
57	1.00 0				1.600										0.80 0		
58	1.60 0				1.600										0.80 0		
59	1.00 0					1.600									0.80 0		
60	1.60 0					1.600									0.80 0		
61	1.00 0						1.600								0.80 0		
62	1.60 0						1.600								0.80 0		
63	1.00 0							1.600							0.80 0		
64	1.60 0							1.600							0.80 0		
65	1.00 0								1.600						0.80 0		
66	1.60 0								1.600						0.80 0		
67	1.00 0									1.600					0.80 0		
68	1.60 0									1.600					0.80 0		
69	1.00 0										1.600				0.80 0		
70	1.60 0										1.600				0.80 0		
71	1.00 0											1.600			0.80 0		
72	1.60 0											1.600			0.80 0		
73	1.00 0												1.600		0.80 0		
74	1.60 0												1.600		0.80 0		
75	1.00 0													1.600	0.80 0		
76	1.60 0													1.600	0.80 0		
77	1.00 0															1.600	
78	1.60 0																1.600
79	1.00 0		0.960														1.600
80	1.60 0		0.960														1.600
81	1.00 0			0.960													1.600
82	1.60 0			0.960													1.600
83	1.00 0				0.960												1.600
84	1.60 0				0.960												1.600
85	1.00 0					0.960											1.600
86	1.60 0					0.960											1.600
87	1.00 0						0.960										1.600
88	1.60 0						0.960										1.600
89	1.00 0							0.960									1.600
90	1.60 0							0.960									1.600
91	1.00 0								0.960								1.600
92	1.60 0								0.960								1.600

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como  
 almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
93	1.00 0									0.960						1.600	
94	1.60 0									0.960						1.600	
95	1.00 0										0.960					1.600	
96	1.60 0										0.960					1.600	
97	1.00 0											0.960				1.600	
98	1.60 0											0.960				1.600	
99	1.00 0												0.960			1.600	
100	1.60 0												0.960			1.600	
101	1.00 0													0.960		1.600	
102	1.60 0													0.960		1.600	
103	1.00 0		1.600													0.800	
104	1.60 0		1.600													0.800	
105	1.00 0			1.600												0.800	
106	1.60 0			1.600												0.800	
107	1.00 0				1.600											0.800	
108	1.60 0				1.600											0.800	
109	1.00 0					1.600										0.800	
110	1.60 0					1.600										0.800	
111	1.00 0						1.600									0.800	
112	1.60 0						1.600									0.800	
113	1.00 0							1.600								0.800	
114	1.60 0							1.600								0.800	
115	1.00 0								1.600							0.800	
116	1.60 0								1.600							0.800	
117	1.00 0									1.600						0.800	
118	1.60 0									1.600						0.800	
119	1.00 0										1.600					0.800	
120	1.60 0										1.600					0.800	
121	1.00 0											1.600				0.800	
122	1.60 0											1.600				0.800	
123	1.00 0												1.600			0.800	
124	1.60 0												1.600			0.800	
125	1.00 0													1.600		0.800	
126	1.60 0													1.600		0.800	
127	1.00 0																1.600
128	1.60 0																1.600
129	1.00 0		0.960														1.600
130	1.60 0		0.960														1.600
131	1.00 0			0.960													1.600
132	1.60 0			0.960													1.600

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
133	1.00 0				0.960												1.600
134	1.60 0				0.960												1.600
135	1.00 0					0.960											1.600
136	1.60 0					0.960											1.600
137	1.00 0						0.960										1.600
138	1.60 0						0.960										1.600
139	1.00 0							0.960									1.600
140	1.60 0							0.960									1.600
141	1.00 0								0.960								1.600
142	1.60 0								0.960								1.600
143	1.00 0									0.960							1.600
144	1.60 0									0.960							1.600
145	1.00 0										0.960						1.600
146	1.60 0										0.960						1.600
147	1.00 0											0.960					1.600
148	1.60 0											0.960					1.600
149	1.00 0												0.960				1.600
150	1.60 0												0.960				1.600
151	1.00 0													0.960			1.600
152	1.60 0													0.960			1.600
153	1.00 0		1.600														0.800
154	1.60 0		1.600														0.800
155	1.00 0			1.600													0.800
156	1.60 0			1.600													0.800
157	1.00 0				1.600												0.800
158	1.60 0				1.600												0.800
159	1.00 0					1.600											0.800
160	1.60 0					1.600											0.800
161	1.00 0						1.600										0.800
162	1.60 0						1.600										0.800
163	1.00 0							1.600									0.800
164	1.60 0							1.600									0.800
165	1.00 0								1.600								0.800
166	1.60 0								1.600								0.800
167	1.00 0									1.600							0.800
168	1.60 0									1.600							0.800
169	1.00 0										1.600						0.800
170	1.60 0										1.600						0.800
171	1.00 0											1.600					0.800
172	1.60 0											1.600					0.800

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
173	1.00 0												1.600				0.800
174	1.60 0												1.600				0.800
175	1.00 0													1.600			0.800
176	1.60 0													1.600			0.800
177	1.00 0	1.60 0															
178	1.60 0	1.60 0															

### ■ E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones

Comb .	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
1	1.00 0																

### ■ E.L.U. de rotura. Acero laminado

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
1	0.80 0																
2	1.35 0																
3	0.80 0		1.500														
4	1.35 0		1.500														
5	0.80 0			1.500													
6	1.35 0			1.500													
7	0.80 0				1.500												
8	1.35 0				1.500												
9	0.80 0					1.500											
10	1.35 0					1.500											
11	0.80 0						1.500										
12	1.35 0						1.500										
13	0.80 0							1.500									
14	1.35 0							1.500									
15	0.80 0								1.500								
16	1.35 0								1.500								
17	0.80 0									1.500							
18	1.35 0									1.500							
19	0.80 0										1.500						
20	1.35 0										1.500						
21	0.80 0											1.500					
22	1.35 0											1.500					
23	0.80 0												1.500				
24	1.35 0												1.500				
25	0.80 0													1.500			

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como  
almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
26	1.35 0													1.500			
27	0.80 0														1.50 0		
28	1.35 0														1.50 0		
29	0.80 0		0.900												1.50 0		
30	1.35 0		0.900												1.50 0		
31	0.80 0			0.900											1.50 0		
32	1.35 0			0.900											1.50 0		
33	0.80 0				0.900										1.50 0		
34	1.35 0				0.900										1.50 0		
35	0.80 0					0.900									1.50 0		
36	1.35 0					0.900									1.50 0		
37	0.80 0						0.900								1.50 0		
38	1.35 0						0.900								1.50 0		
39	0.80 0							0.900							1.50 0		
40	1.35 0							0.900							1.50 0		
41	0.80 0								0.900						1.50 0		
42	1.35 0								0.900						1.50 0		
43	0.80 0									0.900					1.50 0		
44	1.35 0									0.900					1.50 0		
45	0.80 0										0.900				1.50 0		
46	1.35 0										0.900				1.50 0		
47	0.80 0											0.900			1.50 0		
48	1.35 0											0.900			1.50 0		
49	0.80 0												0.900		1.50 0		
50	1.35 0												0.900		1.50 0		
51	0.80 0													0.900	1.50 0		
52	1.35 0													0.900	1.50 0		
53	0.80 0		1.500												0.75 0		
54	1.35 0		1.500												0.75 0		
55	0.80 0			1.500											0.75 0		
56	1.35 0			1.500											0.75 0		
57	0.80 0				1.500										0.75 0		
58	1.35 0				1.500										0.75 0		
59	0.80 0					1.500									0.75 0		
60	1.35 0					1.500									0.75 0		
61	0.80 0						1.500								0.75 0		
62	1.35 0						1.500								0.75 0		
63	0.80 0							1.500							0.75 0		
64	1.35 0							1.500							0.75 0		
65	0.80 0								1.500						0.75 0		



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
66	1.35 0								1.500						0.75 0		
67	0.80 0									1.500					0.75 0		
68	1.35 0									1.500					0.75 0		
69	0.80 0										1.500				0.75 0		
70	1.35 0										1.500				0.75 0		
71	0.80 0											1.500			0.75 0		
72	1.35 0											1.500			0.75 0		
73	0.80 0												1.500		0.75 0		
74	1.35 0												1.500		0.75 0		
75	0.80 0													1.500	0.75 0		
76	1.35 0													1.500	0.75 0		
77	0.80 0															1.500	
78	1.35 0															1.500	
79	0.80 0		0.900													1.500	
80	1.35 0		0.900													1.500	
81	0.80 0			0.900												1.500	
82	1.35 0			0.900												1.500	
83	0.80 0				0.900											1.500	
84	1.35 0				0.900											1.500	
85	0.80 0					0.900										1.500	
86	1.35 0					0.900										1.500	
87	0.80 0						0.900									1.500	
88	1.35 0						0.900									1.500	
89	0.80 0							0.900								1.500	
90	1.35 0							0.900								1.500	
91	0.80 0								0.900							1.500	
92	1.35 0								0.900							1.500	
93	0.80 0									0.900						1.500	
94	1.35 0									0.900						1.500	
95	0.80 0										0.900					1.500	
96	1.35 0										0.900					1.500	
97	0.80 0											0.900				1.500	
98	1.35 0											0.900				1.500	
99	0.80 0												0.900			1.500	
100	1.35 0												0.900			1.500	
101	0.80 0													0.900		1.500	
102	1.35 0													0.900		1.500	
103	0.80 0		1.500													0.750	
104	1.35 0		1.500													0.750	
105	0.80 0			1.500												0.750	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
106	1.35 0			1.500													0.750
107	0.80 0				1.500												0.750
108	1.35 0				1.500												0.750
109	0.80 0					1.500											0.750
110	1.35 0					1.500											0.750
111	0.80 0						1.500										0.750
112	1.35 0						1.500										0.750
113	0.80 0							1.500									0.750
114	1.35 0							1.500									0.750
115	0.80 0								1.500								0.750
116	1.35 0								1.500								0.750
117	0.80 0									1.500							0.750
118	1.35 0									1.500							0.750
119	0.80 0										1.500						0.750
120	1.35 0										1.500						0.750
121	0.80 0											1.500					0.750
122	1.35 0											1.500					0.750
123	0.80 0												1.500				0.750
124	1.35 0												1.500				0.750
125	0.80 0													1.500			0.750
126	1.35 0													1.500			0.750
127	0.80 0																1.500
128	1.35 0																1.500
129	0.80 0		0.900														1.500
130	1.35 0		0.900														1.500
131	0.80 0			0.900													1.500
132	1.35 0			0.900													1.500
133	0.80 0				0.900												1.500
134	1.35 0				0.900												1.500
135	0.80 0					0.900											1.500
136	1.35 0					0.900											1.500
137	0.80 0						0.900										1.500
138	1.35 0						0.900										1.500
139	0.80 0							0.900									1.500
140	1.35 0							0.900									1.500
141	0.80 0								0.900								1.500
142	1.35 0								0.900								1.500
143	0.80 0									0.900							1.500
144	1.35 0									0.900							1.500
145	0.80 0										0.900						1.500

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
146	1.35 0										0.900						1.500
147	0.80 0											0.900					1.500
148	1.35 0											0.900					1.500
149	0.80 0												0.900				1.500
150	1.35 0												0.900				1.500
151	0.80 0													0.900			1.500
152	1.35 0													0.900			1.500
153	0.80 0		1.500														0.750
154	1.35 0		1.500														0.750
155	0.80 0			1.500													0.750
156	1.35 0			1.500													0.750
157	0.80 0				1.500												0.750
158	1.35 0				1.500												0.750
159	0.80 0					1.500											0.750
160	1.35 0					1.500											0.750
161	0.80 0						1.500										0.750
162	1.35 0						1.500										0.750
163	0.80 0							1.500									0.750
164	1.35 0							1.500									0.750
165	0.80 0								1.500								0.750
166	1.35 0								1.500								0.750
167	0.80 0									1.500							0.750
168	1.35 0									1.500							0.750
169	0.80 0										1.500						0.750
170	1.35 0										1.500						0.750
171	0.80 0											1.500					0.750
172	1.35 0											1.500					0.750
173	0.80 0												1.500				0.750
174	1.35 0												1.500				0.750
175	0.80 0													1.500			0.750
176	1.35 0													1.500			0.750
177	0.80 0	1.50 0															
178	1.35 0	1.50 0															

■ Tensiones sobre el terreno

■ Desplazamientos

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI) )	N(R) 1	N(R) 2
1	1.00 0																
2	1.00 0		1.000														

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
3	1.000			1.000													
4	1.000				1.000												
5	1.000					1.000											
6	1.000						1.000										
7	1.000							1.000									
8	1.000								1.000								
9	1.000									1.000							
10	1.000										1.000						
11	1.000											1.000					
12	1.000												1.000				
13	1.000													1.000			
14	1.000														1.000		
15	1.000		1.000													1.000	
16	1.000			1.000												1.000	
17	1.000				1.000											1.000	
18	1.000					1.000										1.000	
19	1.000						1.000									1.000	
20	1.000							1.000								1.000	
21	1.000								1.000							1.000	
22	1.000									1.000						1.000	
23	1.000										1.000					1.000	
24	1.000											1.000				1.000	
25	1.000												1.000			1.000	
26	1.000													1.000	1.000		
27	1.000															1.000	
28	1.000		1.000														1.000
29	1.000			1.000													1.000
30	1.000				1.000												1.000
31	1.000					1.000											1.000
32	1.000						1.000										1.000
33	1.000							1.000									1.000
34	1.000								1.000								1.000
35	1.000									1.000							1.000
36	1.000										1.000						1.000
37	1.000											1.000					1.000
38	1.000												1.000				1.000
39	1.000													1.000			1.000
40	1.000																1.000
41	1.000		1.000														1.000
42	1.000			1.000													1.000

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
43	1.000				1.000												1.000
44	1.000					1.000											1.000
45	1.000						1.000										1.000
46	1.000							1.000									1.000
47	1.000								1.000								1.000
48	1.000									1.000							1.000
49	1.000										1.000						1.000
50	1.000											1.000					1.000
51	1.000												1.000				1.000
52	1.000													1.000			1.000
53	1.000	1.000															
54	1.000	1.000	1.000														
55	1.000	1.000		1.000													
56	1.000	1.000			1.000												
57	1.000	1.000				1.000											
58	1.000	1.000					1.000										
59	1.000	1.000						1.000									
60	1.000	1.000							1.000								
61	1.000	1.000								1.000							
62	1.000	1.000									1.000						
63	1.000	1.000										1.000					
64	1.000	1.000											1.000				
65	1.000	1.000												1.000			
66	1.000	1.000							1.000						1.000		
67	1.000	1.000	1.000												1.000		
68	1.000	1.000		1.000											1.000		
69	1.000	1.000			1.000										1.000		
70	1.000	1.000				1.000									1.000		
71	1.000	1.000					1.000								1.000		
72	1.000	1.000						1.000							1.000		
73	1.000	1.000							1.000						1.000		
74	1.000	1.000								1.000					1.000		
75	1.000	1.000									1.000				1.000		
76	1.000	1.000										1.000			1.000		
77	1.000	1.000											1.000		1.000		
78	1.000	1.000												1.000	1.000		
79	1.000	1.000														1.000	
80	1.000	1.000	1.000													1.000	
81	1.000	1.000		1.000												1.000	
82	1.000	1.000			1.000											1.000	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Com b.	PP	Q	V(0°) H1	V(0°) H2	V(0°) H3	V(0°) H4	V(90°) H1	V(90°) H2	V(180°) H1	V(180°) H2	V(180°) H3	V(180°) H4	V(270°) H1	V(270°) H2	N(EI)	N(R) 1	N(R) 2
83	1.000	1.000				1.000										1.000	
84	1.000	1.000					1.000									1.000	
85	1.000	1.000						1.000								1.000	
86	1.000	1.000							1.000							1.000	
87	1.000	1.000								1.000						1.000	
88	1.000	1.000									1.000					1.000	
89	1.000	1.000										1.000				1.000	
90	1.000	1.000											1.000			1.000	
91	1.000	1.000												1.000		1.000	
92	1.000	1.000															1.000
93	1.000	1.000	1.000														1.000
94	1.000	1.000		1.000													1.000
95	1.000	1.000			1.000												1.000
96	1.000	1.000				1.000											1.000
97	1.000	1.000					1.000										1.000
98	1.000	1.000						1.000									1.000
99	1.000	1.000							1.000								1.000
100	1.000	1.000								1.000							1.000
101	1.000	1.000									1.000						1.000
102	1.000	1.000										1.000					1.000
103	1.000	1.000											1.000				1.000
104	1.000	1.000												1.000			1.000

## 2.2 Marquesina

### Datos de la obra

Separación entre pórticos: 10.73 m

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 0.15 kN/m<sup>2</sup>

- Sobrecarga del cerramiento: 0.40 kN/m<sup>2</sup>

Sin cerramiento en laterales.

### Normas y combinaciones

Perfiles conformados CTE

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

Perfiles laminados CTE

Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m

Desplazamientos Acciones características

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

### Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: A  
 Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal  
 Periodo de servicio (años): 50  
 Profundidad nave industrial: 64.38  
 Sin huecos.  
 1 - V H1: Cubiertas aisladas  
 2 - V H2: Cubiertas aisladas

### Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)  
 Zona de clima invernal: 5  
 Altitud topográfica: 30.00 m  
 Cubierta sin resaltos  
 Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

- 1 - N(EI): Nieve (estado inicial)
- 2 - N(R): Nieve (redistribución)

### Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico MPa	Módulo de elasticidad GPa
Acero laminado	S275	275	210

Datos de pórticos			
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior
1	Un agua	Luz total: 13.00 m Alero izquierdo: 6.55 m Alero derecho: 7.67 m	Pórtico rígido

## 1.1.- Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

## 1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

- **Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{O,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{O,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{D,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

### E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones: EHE-08

<b>Cuasipermanente</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_A$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

### E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_A$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_A$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

### Tensiones sobre el terreno

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_A$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### Desplazamientos

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### 1.2.2.- Combinaciones

#### ■ Nombres de las hipótesis

- PP Peso propio  
 Q Sobrecarga de uso  
 V H1 Cubiertas aisladas  
 V H2 Cubiertas aisladas  
 N(EI) Nieve (estado inicial)  
 N(R) Nieve (redistribución)

#### ■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	Q	V H1	V H2	N(EI)	N(R)
1	1.000					
2	1.600					
3	1.000		1.600			

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comb.	PP	Q	V H1	V H2	N(EI)	N(R)
4	1.600		1.600			
5	1.000			1.600		
6	1.600			1.600		
7	1.000				1.600	
8	1.600				1.600	
9	1.000		0.960		1.600	
10	1.600		0.960		1.600	
11	1.000			0.960	1.600	
12	1.600			0.960	1.600	
13	1.000		1.600		0.800	
14	1.600		1.600		0.800	
15	1.000			1.600	0.800	
16	1.600			1.600	0.800	
17	1.000					1.600
18	1.600					1.600
19	1.000		0.960			1.600
20	1.600		0.960			1.600
21	1.000			0.960		1.600
22	1.600			0.960		1.600
23	1.000		1.600			0.800
24	1.600		1.600			0.800
25	1.000			1.600		0.800
26	1.600			1.600		0.800
27	1.000	1.600				
28	1.600	1.600				

#### ■ E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones

Comb.	PP	Q	V H1	V H2	N(EI)	N(R)
1	1.000					

#### ■ E.L.U. de rotura. Acero laminado

Comb.	PP	Q	V H1	V H2	N(EI)	N(R)
1	0.800					
2	1.350					
3	0.800		1.500			
4	1.350		1.500			
5	0.800			1.500		
6	1.350			1.500		
7	0.800				1.500	
8	1.350				1.500	
9	0.800		0.900		1.500	
10	1.350		0.900		1.500	
11	0.800			0.900	1.500	
12	1.350			0.900	1.500	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comb.	PP	Q	V H1	V H2	N(EI)	N(R)
13	0.800		1.500		0.750	
14	1.350		1.500		0.750	
15	0.800			1.500	0.750	
16	1.350			1.500	0.750	
17	0.800					1.500
18	1.350					1.500
19	0.800		0.900			1.500
20	1.350		0.900			1.500
21	0.800			0.900		1.500
22	1.350			0.900		1.500
23	0.800		1.500			0.750
24	1.350		1.500			0.750
25	0.800			1.500		0.750
26	1.350			1.500		0.750
27	0.800	1.500				
28	1.350	1.500				

■ Tensiones sobre el terreno

■ Desplazamientos

Comb.	PP	Q	V H1	V H2	N(EI)	N(R)
1	1.000					
2	1.000		1.000			
3	1.000			1.000		
4	1.000				1.000	
5	1.000		1.000		1.000	
6	1.000			1.000	1.000	
7	1.000					1.000
8	1.000		1.000			1.000
9	1.000			1.000		1.000
10	1.000	1.000				
11	1.000	1.000	1.000			
12	1.000	1.000		1.000		
13	1.000	1.000			1.000	
14	1.000	1.000	1.000		1.000	
15	1.000	1.000		1.000	1.000	
16	1.000	1.000				1.000
17	1.000	1.000	1.000			1.000
18	1.000	1.000		1.000		1.000

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

## 2.3 Caseta

### 1.1.- Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** B. Zonas administrativas

### 1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	CTE
E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

#### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

- **Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{D,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.700
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones: EHE-08

<b>Cuasipermanente</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.300	0.300
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

### E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

### Tensiones sobre el terreno

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### Desplazamientos

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_D$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

### 1.2.2.- Combinaciones

#### ■ Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM 1 CM 1

Q 1 Q 1

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

N 1 N 1

■ **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1
1	1.000	1.000		
2	1.600	1.000		
3	1.000	1.600		
4	1.600	1.600		
5	1.000	1.000	1.600	
6	1.600	1.000	1.600	
7	1.000	1.600	1.600	
8	1.600	1.600	1.600	
9	1.000	1.000		1.600
10	1.600	1.000		1.600
11	1.000	1.600		1.600
12	1.600	1.600		1.600
13	1.000	1.000	1.120	1.600
14	1.600	1.000	1.120	1.600
15	1.000	1.600	1.120	1.600
16	1.600	1.600	1.120	1.600
17	1.000	1.000	1.600	0.800
18	1.600	1.000	1.600	0.800
19	1.000	1.600	1.600	0.800
20	1.600	1.600	1.600	0.800

■ **E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	0.300	

■ **E.L.U. de rotura. Acero laminado**

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1
1	0.800	0.800		
2	1.350	0.800		
3	0.800	1.350		
4	1.350	1.350		
5	0.800	0.800	1.500	
6	1.350	0.800	1.500	
7	0.800	1.350	1.500	
8	1.350	1.350	1.500	
9	0.800	0.800		1.500
10	1.350	0.800		1.500
11	0.800	1.350		1.500

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1
12	1.350	1.350		1.500
13	0.800	0.800	1.050	1.500
14	1.350	0.800	1.050	1.500
15	0.800	1.350	1.050	1.500
16	1.350	1.350	1.050	1.500
17	0.800	0.800	1.500	0.750
18	1.350	0.800	1.500	0.750
19	0.800	1.350	1.500	0.750
20	1.350	1.350	1.500	0.750

- Tensiones sobre el terreno
- Desplazamientos

Comb.	PP	CM 1	Q 1	N 1
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	1.000	
3	1.000	1.000		1.000
4	1.000	1.000	1.000	1.000

### 3. COMPROBACIONES DE LAS CORREAS

#### 3.1 Nave Industrial

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 200	Límite flecha: L
Separación: 1.05 m	Número de vanos: T
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: F

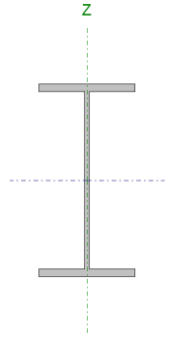
Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 41.05 %



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 200 Material: S275		Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )		I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )		
41.477, 0.000, 11.050	41.477, 10.730, 11.050	10.730	28.50	1943.00	142.00	6.98		
<b>Notas:</b> (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme								
	Pandeo		Pandeo lateral					
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
	β	1.00	0.00	0.00				
	L <sub>K</sub>	10.730	0.000	0.000				
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
	C <sub>1</sub>	-	-	1.000				
<b>Notación:</b> β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ̄	λ <sub>w</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
pésima en cubierta	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.788 m λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w, máx.</sub> Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 10.73 m η = 41.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 10.73 m η = 6.2	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.788 m η < 0.1	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 41.1
<b>Notación:</b> λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
<b>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</b> (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$32.68 \leq 251.55$  ✓

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>183.00</u> mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>5.60</u> mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>10.25</u> cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>8.50</u> cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u> MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u> MPa

Siendo:

### **Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.411} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 41.477, 10.730, 11.050, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(180°) H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad \underline{23.76} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad \underline{0.00} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \quad \underline{57.88} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \quad \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \quad \underline{221.00} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	<u>1.05</u>	

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ :	<u>0.062</u>	✓
----------	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 41.477, 10.730, 11.050, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ)$  H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ :	<u>13.18</u>	kN
------------	--------------	----

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$ :	<u>211.94</u>	kN
--------------	---------------	----

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ :	<u>14.02</u>	cm <sup>2</sup>
---------	--------------	-----------------

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.	$h$ :	<u>200.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>5.60</u>	mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ :	<u>261.90</u>	MPa
------------	---------------	-----

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa
---	---------	---------------	-----

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm}} 1.05 \underline{\hspace{2cm}}$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**28.39** < **64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : \underline{\hspace{2cm}} 28.39 \underline{\hspace{2cm}}$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\hspace{2cm}} 64.71 \underline{\hspace{2cm}}$

$\epsilon$ : Factor de reducción.  $\epsilon : \underline{\hspace{2cm}} 0.92 \underline{\hspace{2cm}}$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref} : \underline{\hspace{2cm}} 235.00 \underline{\hspace{2cm}}$  MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\hspace{2cm}} 275.00 \underline{\hspace{2cm}}$  MPa

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**6.00 kN ≤ 105.97 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.788 m del nudo 41.477, 0.000, 11.050, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(180^\circ) H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{\hspace{2cm}} 6.00 \underline{\hspace{2cm}}$  kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm}} 211.94 \underline{\hspace{2cm}}$  kN

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 96.69 %

Coordenadas del nudo inicial: 22.568, 0.000, 12.851

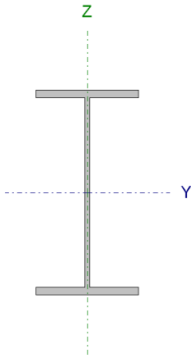
Coordenadas del nudo final: 22.568, 10.730, 12.851

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00\*G1 + 1.00\*G2 + 1.00\*Q + 1.00\*N(R) 1 + 1.00\*V(0°) H2 a una distancia 5.365 m del origen en el primer vano de la correa.

(I<sub>y</sub> = 1943 cm<sup>4</sup>) (I<sub>z</sub> = 142 cm<sup>4</sup>)

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 240	Límite flecha: L
Separación: 2.60 m	Número de vanos: T
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: F
Comprobación de resistencia	

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 53.00 % Barra pésima en lateral

Perfil: IPE 240 Material: S275																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="3">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.000, 85.840, 1.300</td> <td>0.000, 75.110, 1.300</td> <td>10.730</td> <td>39.10</td> <td>3892.00</td> <td>284.00</td> <td>12.90</td> </tr> </tbody> </table>	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	0.000, 85.840, 1.300	0.000, 75.110, 1.300	10.730	39.10	3892.00	284.00	12.90									
	Nudos		Longitud (m)		Características mecánicas																								
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )																						
	0.000, 85.840, 1.300	0.000, 75.110, 1.300	10.730	39.10	3892.00	284.00	12.90																						
	<p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p>																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β</td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>K</sub></td> <td>0.000</td> <td>10.730</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>m</sub></td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table>		Pandeo		Pandeo lateral		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	β	0.00	1.00	0.00	0.00	L <sub>K</sub>	0.000	10.730	0.000	0.000	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000	C <sub>1</sub>	-		1.000	
		Pandeo		Pandeo lateral																									
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																									
β	0.00	1.00	0.00	0.00																									
L <sub>K</sub>	0.000	10.730	0.000	0.000																									
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000																									
C <sub>1</sub>	-		1.000																										
<p>Notación:</p> <p>β: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>																													

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
pésima en lateral	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.788 m λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,max</sub> Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 10.73 m η = 53.0	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 10.73 m η = 9.6	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.788 m η < 0.1	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(11)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b>η = 53.0</b>

## Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z V_y$	$NM_z M_y V_y$	$M_t$	
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NM_z M_y V_y$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_t V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) $N.P.$ : No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.														

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$35.55 \leq 246.95 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>220.40</u> mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>6.20</u> mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>13.66</u> cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>11.76</u> cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u> MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u> MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.530} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 75.110, 1.300, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$  H1.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{50.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{96.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{367.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.096} \quad \checkmark$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 75.110, 1.300, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$  H1.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 27.71 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 289.23 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 19.13 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 240.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.20 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$30.71 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 30.71 \quad}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\quad 64.71 \quad}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{\quad 0.92 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$12.26 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.788 m del nudo 0.000, 85.840, 1.300, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$  H1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{12.26} \quad \text{kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{289.23} \quad \text{kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 97.17 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 85.840, 1.300

Coordenadas del nudo final: 0.000, 75.110, 1.300

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(90^\circ)$  H1 a una distancia 5.365 m del origen en el primer vano de la correa.

( $I_y = 3892 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 284 \text{ cm}^4$ )

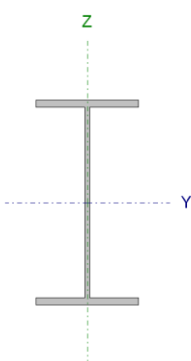
Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	42	939.64	0.22
Correas laterales	10	306.94	0.07

### 3.2 Marquesina

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: IPE 270	Límite flecha: L
Separación: 2.10 m	Número de vanos: T
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: F

#### Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 40.24 %
Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 270 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_v^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )
	1.046, 64.380, 6.640	1.046, 53.650, 6.640	10.730	45.90	5790.00	420.00	15.90
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00		
	$L_K$	0.000	10.730	0.000	0.000		
	$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000		
	$C_1$	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$		$M_z V_y$
pésima en cubierta	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.788 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 10.73 m $\eta = 40.2$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(4)</sup>	x: 10.73 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(5)</sup>	x: 1.788 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 40.2$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_y V_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_y M_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NM_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_y V_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_z V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

### Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$37.82 \leq 250.57 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>249.60</u> mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>6.60</u> mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>16.47</u> cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>13.77</u> cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u> MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u> MPa
Siendo:		

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.402} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 1.046, 53.650, 6.640, para la combinación de acciones  $1.35\cdot G1 + 1.35\cdot G2 + 0.75\cdot N(EI) + 1.50\cdot V H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 51.01 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 126.76 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 484.00 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.084 \quad} \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 1.046, 53.650, 6.640, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 0.75 \cdot N(EI) + 1.50 \cdot V H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 28.14 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 334.07 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 22.09 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 270.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.60 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$33.27 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 33.27 \quad}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\quad 64.71 \quad}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{\quad 0.92 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$13.87 \text{ kN} \leq 167.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.788 m del nudo 1.046, 64.380, 6.640, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 0.75 \cdot N(EI) + 1.50 \cdot V H1$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \quad \underline{13.87} \quad \text{kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \quad \underline{334.07} \quad \text{kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 99.00 %

Coordenadas del nudo inicial: 1.046, 64.380, 6.640

Coordenadas del nudo final: 1.046, 53.650, 6.640

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(EI) + 1.00 \cdot V H1$  a una distancia 5.365 m del origen en el primer vano de la correa.

( $I_y = 5790 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 420 \text{ cm}^4$ )

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	7	252.22	0.19

## 4. COMPROBACIONES E.L.U

En este apartado de comprobaciones, se encuentran cada una de las barras más solicitadas de la nave industrial, de la marquesina y de la caseta. Para cada elemento estructural que conforman dichas estructuras.



### 4.1 Comprobaciones E.L.U pilares

#### 4.1.1 Pilares interiores

##### 4.1.1.1 Nave Industrial

Barra N408/N400

Perfil: HE 340 B Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N408	N400	1.823	170.90	36660.00	9690.00	257.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.40	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	2.552	1.823	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N408/N400	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.823 m η = 5.2	x: 0 m η = 7.0	x: 1.823 m η = 93.5	x: 0 m η = 0.3	x: 1.823 m η = 15.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.823 m η = 98.0	η < 0.1	M <sub>EEd</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 98.0
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  :

0.38



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :**

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

<b>Clase :</b>	<u>1</u>	
<b>A :</b>	<u>170.90</u>	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub> :</b>	<u>265.00</u>	MPa
<b>N<sub>cr</sub> :</b>	<u>30832.83</u>	kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

<b>N<sub>cr,y</sub> :</b>	<u>228632.60</u>	kN
---------------------------	------------------	----

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

<b>N<sub>cr,z</sub> :</b>	<u>30832.83</u>	kN
---------------------------	-----------------	----

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

<b>N<sub>cr,T</sub> :</b>	<u>∞</u>	
---------------------------	----------	--

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**E:** Módulo de elasticidad.

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

<b>I<sub>y</sub> :</b>	<u>36660.00</u>	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>z</sub> :</b>	<u>9690.00</u>	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>t</sub> :</b>	<u>257.20</u>	cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>w</sub> :</b>	<u>2454000.00</u>	cm <sup>6</sup>
<b>E :</b>	<u>210000</u>	MPa
<b>G :</b>	<u>81000</u>	MPa
<b>L<sub>ky</sub> :</b>	<u>1.823</u>	m
<b>L<sub>kz</sub> :</b>	<u>2.552</u>	m
<b>L<sub>kt</sub> :</b>	<u>0.000</u>	m
<b>i<sub>0</sub> :</b>	<u>16.47</u>	cm

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y$ :	<u>14.65</u>	cm
$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z$ :	<u>7.53</u>	cm
	$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
	$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$24.75 \leq 176.72 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>297.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>12.00</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>35.64</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>64.50</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>265.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.052} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N400, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  $N_{t,Ed} : \underline{\quad 225.34 \quad} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} : \underline{\quad 4313.19 \quad} \text{ kN}$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \underline{\quad 170.90 \quad} \text{ cm}^2$   
 $f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$   
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{\quad 0.063 \quad} \checkmark$

$\eta : \underline{\quad 0.070 \quad} \checkmark$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N408, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{\quad 273.35 \quad} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{\quad 4313.19 \quad} \text{ kN}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** :  $\underline{\quad 1 \quad}$   
 $A$ : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \underline{\quad 170.90 \quad} \text{ cm}^2$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd}$  : 252.38 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 3908.36 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 170.90 cm<sup>2</sup>

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd}$  : 252.38 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1}$  : 1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  : 1.00

$\chi_z$  : 0.91

Siendo:

$\phi_y$  : 0.50

$\phi_z$  : 0.62

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_y$  : 0.34

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  : 0.14

$\bar{\lambda}_z$  : 0.38

**$N_{cr}$** : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**$N_{cr}$**  : 30832.83 kN

**$N_{cr,y}$** : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**$N_{cr,y}$**  : 228632.60 kN

**$N_{cr,z}$** : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**$N_{cr,z}$**  : 30832.83 kN

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$  :

$\infty$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.935} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N400, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{568.52} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N400, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{505.45} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{607.73} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{2408.00} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.003 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N408, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.82 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N408, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.78 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 248.77 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 985.70 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\quad 0.159 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N400, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 130.28 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 817.30 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 56.09 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 340.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 12.00 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$20.25 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 20.25 \quad}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\quad 65.92 \quad}$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.94

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$  0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.25 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 1970.90 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 135.26 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 170.90 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 297.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 12.00 mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd}$  : 252.38 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 265.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$116.17 \text{ kN} \leq 408.65 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{116.17} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{817.30} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.25 \text{ kN} \leq 985.45 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.25} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{1970.90} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.980} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.980} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.610} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N400, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$ :	<u>190.02</u> kN
$M_{y,Ed}$ , $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+$ :	<u>568.52</u> kN·m
	$M_{z,Ed}^+$ :	<u>0.03</u> kN·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> :	<u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$ :	<u>4313.19</u> kN
$M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$ :	<u>607.73</u> kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$ :	<u>248.77</u> kN·m
<b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)		
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> :	<u>170.90</u> cm <sup>2</sup>
$W_{pl,y}$ , $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$ :	<u>2408.00</u> cm <sup>3</sup>
	$W_{pl,z}$ :	<u>985.70</u> cm <sup>3</sup>
$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{vd}$ :	<u>252.38</u> MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>265.00</u> MPa
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1}$ :	<u>1.05</u>

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.91}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.14}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.38}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$116.17 \text{ kN} \leq 408.65 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{116.17}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{817.30}{\quad} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

4.1.1.2 Marquesina

Barra N21/N22

Perfil: IPE 240 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N21	N22	6.550	39.10	3892.00	284.00	12.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.70	1.40	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		4.585	9.170	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.55 m η = 9.8	x: 0 m η = 56.3	x: 6.55 m η = 55.6	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	η = 4.5	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 6.55 m η = 93.6	η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 93.6
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.96 ✓

Donde: **Clase:** Clase de la sección, según la **Clase :** 2

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

<b>A</b> :	<u>39.10</u>	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>275.00</u>	MPa
<b>N<sub>cr</sub></b> :	<u>280.00</u>	kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

<b>N<sub>cr,y</sub></b> :	<u>959.30</u>	kN
---------------------------	---------------	----

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

<b>N<sub>cr,z</sub></b> :	<u>280.00</u>	kN
---------------------------	---------------	----

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

<b>N<sub>cr,T</sub></b> :	<u>∞</u>	
---------------------------	----------	--

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

<b>I<sub>y</sub></b> :	<u>3892.00</u>	cm <sup>4</sup>
------------------------	----------------	-----------------

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

<b>I<sub>z</sub></b> :	<u>284.00</u>	cm <sup>4</sup>
------------------------	---------------	-----------------

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

<b>I<sub>t</sub></b> :	<u>12.90</u>	cm <sup>4</sup>
------------------------	--------------	-----------------

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

<b>I<sub>w</sub></b> :	<u>37400.00</u>	cm <sup>6</sup>
------------------------	-----------------	-----------------

**E**: Módulo de elasticidad.

<b>E</b> :	<u>210000</u>	MPa
------------	---------------	-----

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

<b>G</b> :	<u>81000</u>	MPa
------------	--------------	-----

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

<b>L<sub>ky</sub></b> :	<u>9.170</u>	m
-------------------------	--------------	---

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

<b>L<sub>kz</sub></b> :	<u>4.585</u>	m
-------------------------	--------------	---

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

<b>L<sub>kt</sub></b> :	<u>0.000</u>	m
-------------------------	--------------	---

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

<b>i<sub>0</sub></b> :	<u>10.33</u>	cm
------------------------	--------------	----

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de

<b>i<sub>y</sub></b> :	<u>9.98</u>	cm
------------------------	-------------	----

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$  ,  $z_0$ :  
Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>2.70</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$35.55 \leq 246.95 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>220.40</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>6.20</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>13.66</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>11.76</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.098} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH2.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>100.63</u>	kN
--	--------------	---------------	----

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N_{t,Rd} : \quad \underline{1024.05} \quad \text{kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \quad \underline{39.10} \quad \text{cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \quad \underline{1.05}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.122} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{0.563} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \quad \underline{125.21} \quad \text{kN}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \quad \underline{1024.05} \quad \text{kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.  $\text{Clase} : \quad \underline{2}$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \quad \underline{39.10} \quad \text{cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  :

1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  :

222.40

kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** :

39.10

cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub>** :

261.90

MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** :

275.00

MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  :

1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  :

0.62

$\chi_z$  :

0.22

Siendo:

$\phi_y$  :

1.15

$\phi_z$  :

2.72

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  :

0.21

$\alpha_z$  :

0.34

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  :

1.06

$\bar{\lambda}_z$  :

1.96

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** :

280.00

kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** :

959.30

kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** :

280.00

kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** :

∞

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\underline{0.556}} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\underline{53.47}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot VH2$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\underline{34.35}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\underline{96.12}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\underline{367.00}} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{261.90}} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.045 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 13.16 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 289.23 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 19.13 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 240.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.20 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$30.71 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 30.71 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.	$\lambda_{\text{máx}}$ :	<u>64.71</u>
$\varepsilon$ : Factor de reducción.	$\varepsilon$ :	<u>0.92</u>

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{\text{ref}}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$13.16 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 13.16 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 289.23 kN

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.676} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{0.833} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\underline{0.936}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\underline{122.55}} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{v,Ed}^+ : \underline{\underline{53.47}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{\underline{0.00}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{\underline{1024.05}} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,v} : \underline{\underline{96.12}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{\underline{19.35}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\underline{39.10}} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,v} : \underline{\underline{367.00}} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{73.90}} \text{ cm}^3$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{\underline{1.15}}$$

$$k_z : \underline{\underline{1.77}}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,v} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$C_{m,z} : \underline{\underline{1.00}}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_v : \underline{\underline{0.62}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{0.22}}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_v : \underline{\underline{1.06}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\underline{1.96}}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_v : \underline{\underline{0.60}}$$

$$\alpha_z : \underline{\underline{0.60}}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$13.16 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{13.16}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{289.23}{\quad} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 4.1.2 Pilares esquineros

#### 4.1.2.1 Nave Industrial

Barra N345/N414

Perfil: HE 220 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N345	N414	7.670	91.00	8091.00	2843.00	76.57
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	5.369	5.369	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N345/N414	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 7.67 m η = 1.3	x: 0 m η = 8.5	x: 0 m η = 42.6	x: 0 m η = 54.6	x: 0 m η = 10.3	x: 0 m η = 3.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 82.8	η < 0.1	η = 21.9	η = 0.1	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 82.8
Notación: λ: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  :

1.11



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

1

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 91.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 2044.13 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 5817.47 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 2044.13 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 8091.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2843.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 76.57 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 295400.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 5.369 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 5.369 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 10.96 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de

**i<sub>y</sub> :** 9.43 cm



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$  ,  $z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>5.59</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$19.79 \leq 163.18 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>188.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>9.50</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>17.86</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>35.20</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N414, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>31.95</u>	kN
--	--------------	--------------	----

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N_{t,Rd} : \underline{\underline{2383.33}} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \underline{\underline{91.00}} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\underline{0.041}} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{\underline{0.085}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{\underline{97.21}} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{2383.33}} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.  $\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \underline{\underline{91.00}} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  :

1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  :

1145.97

kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** :

91.00

cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub>** :

261.90

MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** :

275.00

MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  :

1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  :

0.81

$\chi_z$  :

0.48

Siendo:

$\phi_y$  :

0.79

$\phi_z$  :

1.33

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  :

0.34

$\alpha_z$  :

0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  :

0.66

$\bar{\lambda}_z$  :

1.11

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** :

2044.13

kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** :

5817.47

kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** :

2044.13

kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** :

∞

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\quad 0.426 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 92.16 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 73.63 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 216.60 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 827.00 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\underline{0.546}} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\underline{56.36}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\underline{52.91}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\underline{103.16}} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{393.90}} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{261.90}} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\underline{0.103}} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{43.49} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{421.58} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$16.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{16.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N345, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed}$ :	<u>41.10</u>	kN
---	------------	--------------	----

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \quad \text{kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.	$A_v$ :	<u>73.14</u>	cm <sup>2</sup>
--------------------------------------	---------	--------------	-----------------

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.	$A$ :	<u>91.00</u>	cm <sup>2</sup>
$d$ : Altura del alma.	$d$ :	<u>188.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>9.50</u>	mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{vd}$ :	<u>261.90</u>	MPa
--	------------	---------------	-----

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	<u>1.05</u>	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$43.49 \text{ kN} \leq 210.79 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{43.49} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{421.58} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$41.10 \text{ kN} \leq 552.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{41.10} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.828} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.651} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.814} \quad \checkmark$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N345, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

Donde:

<b><math>N_{c,Ed}</math></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b><math>N_{c,Ed}</math></b> :	<u>74.37</u> kN
<b><math>M_{y,Ed}</math>, <math>M_{z,Ed}</math></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b><math>M_{y,Ed}^+</math></b> :	<u>54.36</u> kN·m
	<b><math>M_{z,Ed}^+</math></b> :	<u>56.34</u> kN·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> :	<u>1</u>
<b><math>N_{pl,Rd}</math></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b><math>N_{pl,Rd}</math></b> :	<u>2383.33</u> kN
<b><math>M_{pl,Rd,y}</math>, <math>M_{pl,Rd,z}</math></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b><math>M_{pl,Rd,y}</math></b> :	<u>216.60</u> kN·m
	<b><math>M_{pl,Rd,z}</math></b> :	<u>103.16</u> kN·m
<b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)		
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> :	<u>91.00</u> cm <sup>2</sup>
<b><math>W_{pl,y}</math>, <math>W_{pl,z}</math></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b><math>W_{pl,y}</math></b> :	<u>827.00</u> cm <sup>3</sup>
	<b><math>W_{pl,z}</math></b> :	<u>393.90</u> cm <sup>3</sup>
<b><math>f_{vd}</math></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b><math>f_{vd}</math></b> :	<u>261.90</u> MPa

Siendo:

<b><math>f_y</math></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b><math>f_y</math></b> :	<u>275.00</u> MPa
<b><math>\gamma_{M1}</math></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b><math>\gamma_{M1}</math></b> :	<u>1.05</u>

**$k_y$ ,  $k_z$** : Coeficientes de interacción.

<b><math>k_y</math></b> :	<u>1.02</u>
<b><math>k_z</math></b> :	<u>1.09</u>

**$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$** : Factores de momento flector uniforme equivalente.

<b><math>C_{m,y}</math></b> :	<u>1.00</u>
<b><math>C_{m,z}</math></b> :	<u>1.00</u>

**$\chi_y$ ,  $\chi_z$** : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

<b><math>\chi_y</math></b> :	<u>0.81</u>
<b><math>\chi_z</math></b> :	<u>0.48</u>

**$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$** : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

<b><math>\bar{\lambda}_y</math></b> :	<u>0.66</u>
<b><math>\bar{\lambda}_z</math></b> :	<u>1.11</u>

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$** : Factores dependientes de la clase de la sección.

<b><math>\alpha_y</math></b> :	<u>0.60</u>
<b><math>\alpha_z</math></b> :	<u>0.60</u>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$$43.49 \text{ kN} \leq 210.77 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{43.49}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{421.54}{\quad} \text{ kN}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \frac{0.219}{\quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{1.58}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \frac{7.24}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{47.86}{\quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \frac{1.05}{\quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.001 \quad} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.29 \quad} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\quad 421.54 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\quad 421.58 \quad} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\quad 0.03 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\quad 47.86 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{\quad 0.001 \quad} \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\quad 1105.87 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\quad 1105.96 \quad} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\quad 0.03 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\quad 47.86 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

4.1.2.2 Caseta

Barra N1/N5

Perfil: IPE 240 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N1	N5	2.600	39.10	3892.00	284.00	12.90
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	1.02	1.77	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	2.660	4.615	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N1/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 10.9	x: 2.6 m η = 72.8	x: 2.6 m η = 0.3	η = 13.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 2.6 m η = 80.4	η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 80.4
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.14 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 2

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 39.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 832.17 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 3788.18 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 832.17 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 3892.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 284.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 12.90 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 37400.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 4.615 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 2.660 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 10.33 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de

**i<sub>y</sub> :** 9.98 cm

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$  ,  $z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>2.70</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$35.55 \leq 246.95 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>220.40</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>6.20</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>13.66</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>11.76</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa



Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$ :	<u>0.056</u>	
$\eta$ :	<u>0.109</u>	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\hspace{2cm} 57.35 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 1024.05 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{\hspace{2cm} 2 \hspace{2cm}}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\hspace{2cm} 39.10 \hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 525.98 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\hspace{2cm} 39.10 \hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{\hspace{2cm} 0.91 \hspace{2cm}}$$

$$\chi_z : \underline{\hspace{2cm} 0.51 \hspace{2cm}}$$

Siendo:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

	$\phi_v$ :	<u>0.68</u>	
	$\phi_z$ :	<u>1.31</u>	
$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y$ :	<u>0.21</u>	
	$\alpha_z$ :	<u>0.34</u>	
$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_y$ :	<u>0.53</u>	
	$\bar{\lambda}_z$ :	<u>1.14</u>	
$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	$N_{cr}$ :	<u>832.17</u>	kN
$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$ :	<u>3788.18</u>	kN
$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$ :	<u>832.17</u>	kN
$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$ :	<u><math>\infty</math></u>	

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.728} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \quad \underline{0.00} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \quad \underline{69.94} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \quad \underline{96.12} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \quad \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico

$$W_{pl,y} : \quad \underline{367.00} \quad \text{cm}^3$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.003 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.05 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 19.35 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 73.90 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	<u>1.05</u>	

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.134} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{38.62} \quad \text{kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{289.23} \quad \text{kN}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{19.13} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.	$h$ :	<u>240.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>6.20</u>	mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	<u>1.05</u>	

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$30.71 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{30.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x}: \text{Esbeltez m\acute{a}xima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducci3n.} \quad \varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$f_{ref}: \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico de referencia.} \quad f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_y: \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Art\acute{u}culo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo se produce para la combinaci3n de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de c\acute{a}lculo p\acute{e}simo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de c\acute{a}lculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{384.61} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v: \text{\c{A}rea transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{25.44} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$A: \text{ \c{A}rea de la secci3n bruta.} \quad A : \underline{39.10} \text{ cm}^2$$

$$d: \text{ Altura del alma.} \quad d : \underline{220.40} \text{ mm}$$

$$t_w: \text{ Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{6.20} \text{ mm}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$38.62 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 38.62 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 289.23 kN

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.03 \text{ kN} \leq 192.30 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.03 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd}$  : 384.61 kN

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.785} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{0.804} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{0.556} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

Donde:

**$N_{c,Ed}$** : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\underline{N_{c,Ed} : \quad 56.29 \text{ kN}}$$

**$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$** : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{y,Ed}^- : \quad 69.94 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{z,Ed}^+ : \quad 0.05 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\underline{\text{Clase} : \quad 1}$$

**$N_{pl,Rd}$** : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\underline{N_{pl,Rd} : \quad 1024.05 \text{ kN}}$$

**$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$** : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{M_{pl,Rd,y} : \quad 96.12 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$\underline{M_{pl,Rd,z} : \quad 19.35 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$\underline{A : \quad 39.10 \text{ cm}^2}$$

**$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$** : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\underline{W_{pl,y} : \quad 367.00 \text{ cm}^3}$$

$$\underline{W_{pl,z} : \quad 73.90 \text{ cm}^3}$$

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$\underline{f_{yd} : \quad 261.90 \text{ MPa}}$$

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\underline{f_y : \quad 275.00 \text{ MPa}}$$

**$\gamma_{M1}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\underline{\gamma_{M1} : \quad 1.05}$$

**$k_y$ ,  $k_z$** : Coeficientes de interacción.

$$\underline{k_y : \quad 1.02}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

	$k_z$ :	<u>1.15</u>
$C_{m,y}$ , $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$ :	<u>1.00</u>
	$C_{m,z}$ :	<u>1.00</u>
$\chi_y$ , $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y$ :	<u>0.91</u>
	$\chi_z$ :	<u>0.51</u>
$\bar{\lambda}_y$ , $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$ :	<u>0.53</u>
	$\bar{\lambda}_z$ :	<u>1.14</u>
$\alpha_y$ , $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y$ :	<u>0.60</u>
	$\alpha_z$ :	<u>0.60</u>

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$$38.62 \text{ kN} \leq 144.61 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{38.62}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{289.23}{\quad} \text{ kN}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

4.1.3 Pilares hastiales

Barra N424/N431

Perfil: HE 650 B Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N424	N431	7.670	286.30	210600.00	13980.00	739.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
$\beta$		0.70	0.70	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		5.369	5.369	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N424/N431	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 7.67 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 79.4$	x: 0 m $\eta = 25.1$	x: 0 m $\eta = 13.3$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 92.1$	$\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 92.1$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.87 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la **Clase** : 2  
 capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 286.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 265.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 10051.70 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 151422.57 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 10051.70 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 210600.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 13980.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 739.20 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 13360000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 5.369 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 5.369 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 28.01 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de

**i<sub>y</sub> :** 27.12 cm

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$Y_0$  ,  $Z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$  :

6.99

cm

$Y_0$  :

0.00

mm

$Z_0$  :

0.00

mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$36.75 \leq 239.11 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$h_w$  : 588.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 16.00 mm

$A_w$ : Área del alma.

$A_w$  : 94.08 cm<sup>2</sup>

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$A_{fc,ef}$  : 93.00 cm<sup>2</sup>

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$k$  : 0.30

$E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 210000 MPa

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$f_{yf}$  : 265.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N431, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 51.67 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N_{t,Rd} : \quad \underline{\underline{7225.67}} \quad \text{kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \quad \underline{\underline{286.30}} \quad \text{cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \quad \underline{\underline{252.38}} \quad \text{MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \quad \underline{\underline{265.00}} \quad \text{MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \quad \underline{\underline{1.05}}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.022}} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.033}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N424, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \quad \underline{\underline{160.37}} \quad \text{kN}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \quad \underline{\underline{7225.67}} \quad \text{kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.  $\text{Clase} : \quad \underline{\underline{2}}$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \quad \underline{\underline{286.30}} \quad \text{cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \quad \underline{\underline{252.38}} \quad \text{MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \quad \underline{\underline{265.00}} \quad \text{MPa}$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  :

1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  :

4922.03

kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** :

286.30

cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub>** :

252.38

MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** :

265.00

MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  :

1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_v$  :

0.99

$\chi_z$  :

0.68

Siendo:

$\phi_v$  :

0.53

$\phi_z$  :

0.99

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_v$  :

0.21

$\alpha_z$  :

0.34

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_v$  :

0.22

$\bar{\lambda}_z$  :

0.87

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** :

10051.70

kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** :

151422.57

kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** :

10051.70

kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** :

∞

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.794 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N424, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 1466.61 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N424, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 1216.86 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 1847.43 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 7320.00 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.251 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N424, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 91.14 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N424, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 91.14 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 363.68 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 1441.00 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.133 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N424, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 235.58 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 1777.69 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 122.00 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 650.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 16.00 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$33.38 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 33.38 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.	$\lambda_{\text{máx}}$ :	<u>65.92</u>
$\varepsilon$ : Factor de reducción.	$\varepsilon$ :	<u>0.94</u>

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{\text{ref}}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>265.00</u>	MPa

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed}$ :	<u>18.27</u>	kN
---	------------	--------------	----

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{2800.88} \quad \text{kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.	$A_v$ :	<u>192.22</u>	cm <sup>2</sup>
--------------------------------------	---------	---------------	-----------------

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.	$A$ :	<u>286.30</u>	cm <sup>2</sup>
$d$ : Altura del alma.	$d$ :	<u>588.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>16.00</u>	mm

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{vd}$ :	<u>252.38</u>	MPa
--	------------	---------------	-----

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>265.00</u>	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	<u>1.05</u>	



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$235.58 \text{ kN} \leq 888.84 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{235.58} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{1777.69} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$18.27 \text{ kN} \leq 1400.44 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{18.27} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{2800.88} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.921} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.824} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.668} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N424, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> :	<u>85.44</u> kN
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> , <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> :	<u>1216.85</u> kN·m
	<b>M<sub>z,Ed</sub></b> :	<u>91.14</u> kN·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> :	<u>1</u>
<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> :	<u>7225.67</u> kN
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> , <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> :	<u>1847.43</u> kN·m
	<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> :	<u>363.68</u> kN·m
<b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)		
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> :	<u>286.30</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> , <b>W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub></b> :	<u>7320.00</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>pl,z</sub></b> :	<u>1441.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>vd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>vd</sub></b> :	<u>252.38</u> MPa

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>265.00</u> MPa
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> :	<u>1.05</u>

**k<sub>y</sub>**, **k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

<b>k<sub>y</sub></b> :	<u>1.00</u>
<b>k<sub>z</sub></b> :	<u>1.02</u>

**C<sub>m,y</sub>**, **C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

<b>C<sub>m,y</sub></b> :	<u>1.00</u>
<b>C<sub>m,z</sub></b> :	<u>1.00</u>

**χ<sub>y</sub>**, **χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>χ<sub>y</sub></b> :	<u>0.99</u>
<b>χ<sub>z</sub></b> :	<u>0.68</u>

**λ̄<sub>y</sub>**, **λ̄<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>λ̄<sub>y</sub></b> :	<u>0.22</u>
<b>λ̄<sub>z</sub></b> :	<u>0.87</u>

**α<sub>y</sub>**, **α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

<b>α<sub>y</sub></b> :	<u>0.60</u>
<b>α<sub>z</sub></b> :	<u>0.60</u>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$$235.58 \text{ kN} \leq 888.84 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{235.58}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{1777.69}{\quad} \text{ kN}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 4.2 Comprobaciones E.L.U cerchas

### 4.2.1 Perfiles rectangulares

Barra N425/N369

Perfil: RHS 200x150x12.0 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N425	N369	0.908	71.91	3634.98	2328.38	5071.69
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
$\beta$		0.00	1.00	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		0.000	0.908	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N425/N369	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 1.3$	$\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 20.0$	x: 0 m $\eta = 62.7$	x: 0 m $\eta = 6.4$	$\eta = 3.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 72.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 2.9$	$\eta = 3.3$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 72.3$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)																

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  :

0.15



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la **Clase** :

1

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

<b>A</b> :	<u>71.91</u>	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>275.00</u>	MPa
<b>N<sub>cr</sub></b> :	<u>91422.84</u>	kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

<b>N<sub>cr,y</sub></b> :	<u>91422.84</u>	kN
---------------------------	-----------------	----

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

<b>N<sub>cr,z</sub></b> :	<u>∞</u>	
---------------------------	----------	--

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

<b>N<sub>cr,T</sub></b> :	<u>∞</u>	
---------------------------	----------	--

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

<b>I<sub>y</sub></b> :	<u>3634.98</u>	cm <sup>4</sup>
------------------------	----------------	-----------------

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

<b>I<sub>z</sub></b> :	<u>2328.38</u>	cm <sup>4</sup>
------------------------	----------------	-----------------

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

<b>I<sub>t</sub></b> :	<u>5071.69</u>	cm <sup>4</sup>
------------------------	----------------	-----------------

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

<b>I<sub>w</sub></b> :	<u>0.00</u>	cm <sup>6</sup>
------------------------	-------------	-----------------

**E**: Módulo de elasticidad.

<b>E</b> :	<u>210000</u>	MPa
------------	---------------	-----

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

<b>G</b> :	<u>81000</u>	MPa
------------	--------------	-----

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

<b>L<sub>ky</sub></b> :	<u>0.908</u>	m
-------------------------	--------------	---

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

<b>L<sub>kz</sub></b> :	<u>0.000</u>	m
-------------------------	--------------	---

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

<b>L<sub>kt</sub></b> :	<u>0.000</u>	m
-------------------------	--------------	---

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

<b>i<sub>0</sub></b> :	<u>9.11</u>	cm
------------------------	-------------	----

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de

<b>i<sub>y</sub></b> :	<u>7.11</u>	cm
------------------------	-------------	----

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$  ,  $z_0$ :  
Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>5.69</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$14.67 \leq 350.94 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>176.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>12.00</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>42.24</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>18.00</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>23.84</u>	kN
--	--------------	--------------	----

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N_{t,Rd} : \underline{1883.47} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \underline{71.91} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{14.84} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1883.47} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :**  $\underline{1}$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \underline{71.91} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.  $\bar{\lambda}$  : 0.15

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 71.91 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** : 91422.84 kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 91422.84 kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : ∞

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.200 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N425, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 22.90 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N425, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q$ .

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 27.45 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$M_{c,Rd} : \underline{137.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{524.26} \text{ cm}^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.627} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N425, para la combinación de acciones  $0.8\cdot PP + 1.5\cdot V(270^\circ)H2$ .

**$M_{Ed}^+$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{70.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N425, para la combinación de acciones  $0.8\cdot PP + 1.5\cdot V(0^\circ)H3$ .

**$M_{Ed}^-$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{56.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  **$M_{c,Rd}$**  viene dado por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$M_{c,Rd} : \underline{\underline{111.69}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{426.46}} \text{ cm}^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\underline{0.064}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N425, para la combinación de acciones  $1.35\cdot PP + 1.5\cdot Q$ .

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\underline{40.86}} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\underline{638.71}} \text{ kN}$$

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\underline{42.24}} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**$d$ :** Altura del alma.

$$d : \underline{\underline{176.00}} \text{ mm}$$

**$t_w$ :** Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\underline{12.00}} \text{ mm}$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M0}$ :	<u>1.05</u>	

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$14.67 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.	$\lambda_w$ :	<u>14.67</u>	
$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x}$ :	<u>64.71</u>	
$\varepsilon$ : Factor de reducción.	$\varepsilon$ :	<u>0.92</u>	

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed}$ :	<u>14.74</u>	kN
---	------------	--------------	----

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{448.71} \quad \text{kN}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \quad \underline{29.67} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

$$A : \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \quad \underline{71.91} \quad \text{cm}^2$$

$$d : \text{Altura del alma.} \quad d : \quad \underline{176.00} \quad \text{mm}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \quad \underline{12.00} \quad \text{mm}$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \quad \underline{261.90} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$12.50 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w : \text{Esbeltz del alma.} \quad \lambda_w : \quad \underline{12.50}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \text{Esbeltz m\acute{a}xima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \quad \underline{64.71}$$

$$\epsilon : \text{Factor de reducci3n.} \quad \epsilon : \quad \underline{0.92}$$

Siendo:

$$f_{ref} : \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico de referencia.} \quad f_{ref} : \quad \underline{235.00} \quad \text{MPa}$$

$$f_y : \text{L\acute{i}mite el\acute{a}stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \quad \underline{275.00} \quad \text{MPa}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$40.86 \text{ kN} \leq 319.36 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{40.86} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{638.71} \text{ kN}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$14.74 \text{ kN} \leq 224.35 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{14.74} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{448.71} \text{ kN}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.723} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.472} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.685} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N425, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

<b><math>N_{c,Ed}</math></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b><math>N_{c,Ed}</math></b> :	<u>4.27</u> kN
<b><math>M_{y,Ed}</math>, <math>M_{z,Ed}</math></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b><math>M_{y,Ed}</math></b> :	<u>12.86</u> kN·m
	<b><math>M_{z,Ed}^+</math></b> :	<u>70.01</u> kN·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> :	<u>1</u>
<b><math>N_{pl,Rd}</math></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b><math>N_{pl,Rd}</math></b> :	<u>1883.47</u> kN
<b><math>M_{pl,Rd,y}</math>, <math>M_{pl,Rd,z}</math></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b><math>M_{pl,Rd,y}</math></b> :	<u>137.31</u> kN·m
	<b><math>M_{pl,Rd,z}</math></b> :	<u>111.69</u> kN·m
<b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)		
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> :	<u>71.91</u> cm <sup>2</sup>
<b><math>W_{pl,y}</math>, <math>W_{pl,z}</math></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b><math>W_{pl,y}</math></b> :	<u>524.26</u> cm <sup>3</sup>
	<b><math>W_{pl,z}</math></b> :	<u>426.46</u> cm <sup>3</sup>
<b><math>f_{vd}</math></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b><math>f_{vd}</math></b> :	<u>261.90</u> MPa

Siendo:

<b><math>f_y</math></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b><math>f_y</math></b> :	<u>275.00</u> MPa
<b><math>\gamma_{M1}</math></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b><math>\gamma_{M1}</math></b> :	<u>1.05</u>

**$k_y$ ,  $k_z$** : Coeficientes de interacción.

<b><math>k_y</math></b> :	<u>1.00</u>
<b><math>k_z</math></b> :	<u>1.00</u>

**$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$** : Factores de momento flector uniforme equivalente.

<b><math>C_{m,y}</math></b> :	<u>1.00</u>
<b><math>C_{m,z}</math></b> :	<u>1.00</u>

**$\chi_y$ ,  $\chi_z$** : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

<b><math>\chi_y</math></b> :	<u>1.00</u>
<b><math>\chi_z</math></b> :	<u>1.00</u>

**$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$** : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

<b><math>\bar{\lambda}_y</math></b> :	<u>0.15</u>
<b><math>\bar{\lambda}_z</math></b> :	<u>0.00</u>

**$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$** : Factores dependientes de la clase de la sección.

<b><math>\alpha_y</math></b> :	<u>0.60</u>
<b><math>\alpha_z</math></b> :	<u>0.60</u>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot Q$ .

$$40.86 \text{ kN} \leq 319.36 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{40.86}{\quad} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{638.71}{\quad} \text{ kN}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \frac{0.018}{\quad} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{1.74}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \frac{94.15}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{622.66}{\quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \frac{1.05}{\quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.029 \quad} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N425, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 17.97 \quad} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\quad 1.48 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\quad 628.67 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\quad 638.71 \quad} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\quad 2.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\quad 622.66 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.033 \quad} \checkmark$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{14.74} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{1.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{441.66} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{448.71} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{622.66} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

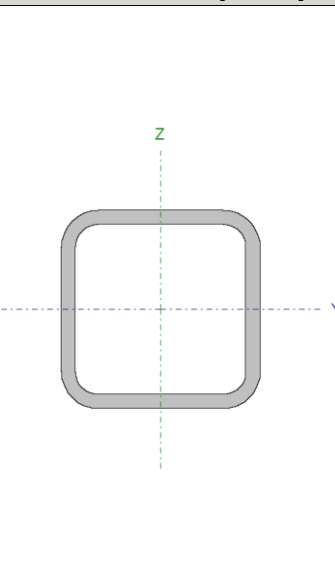
$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

4.2.2 Perfiles cuadrados

Barra N327/N344

<b>Perfil: #80x6</b>							
<b>Material: Acero (S275)</b>							
	Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N327	N344	1.834	16.49	142.84	142.84	250.50
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	1.834	1.834	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
N327/N344	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.321 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.709 m $\eta = 61.4$	x: 0.123 m $\eta = 93.0$	x: 0.917 m $\eta = 0.2$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.123 m $\eta = 0.1$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.321 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.917 m $\eta = 93.3$	x: 0.321 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 93.3$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  :

0.72



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

1

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 16.49 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 880.42 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 880.42 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 880.42 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 142.84 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 142.84 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 250.50 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.834 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.834 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 4.16 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de

**i<sub>y</sub> :** 2.94 cm

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$ ,  $z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>2.94</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$11.33 \leq 298.70 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>68.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>6.00</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>8.16</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>4.80</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.614} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.709 m del nudo N327, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>265.15</u>	kN
--	--------------	---------------	----

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \quad \underline{\underline{432.01}} \quad \text{kN}$$

Donde:

<b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra.	<b>A</b> :	<u>16.49</u>	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>vd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>vd</sub></b> :	<u>261.90</u>	MPa

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>275.00</u>	MPa
<b>γ<sub>Mo</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>Mo</sub></b> :	<u>1.05</u>	

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.664}} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.930}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.123 m del nudo N327, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> :	<u>286.68</u>	kN
---	---------------------------	---------------	----

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \quad \underline{\underline{432.01}} \quad \text{kN}$$

Donde:

<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.	<b>Clase</b> :	<u>1</u>	
<b>A</b> : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	<b>A</b> :	<u>16.49</u>	cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>vd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>vd</sub></b> :	<u>261.90</u>	MPa

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{\hspace{2cm} 308.30 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\hspace{2cm} 16.49 \hspace{2cm}} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\hspace{2cm} 261.90 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\hspace{2cm} 275.00 \hspace{2cm}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\hspace{2cm} 1.05 \hspace{2cm}}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{\hspace{2cm} 0.71 \hspace{2cm}}$$

$$\chi_z : \underline{\hspace{2cm} 0.71 \hspace{2cm}}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{\hspace{2cm} 0.88 \hspace{2cm}}$$

$$\phi_z : \underline{\hspace{2cm} 0.88 \hspace{2cm}}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{\hspace{2cm} 0.49 \hspace{2cm}}$$

$$\alpha_z : \underline{\hspace{2cm} 0.49 \hspace{2cm}}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\hspace{2cm} 0.72 \hspace{2cm}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\hspace{2cm} 0.72 \hspace{2cm}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{\hspace{2cm} 880.42 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{\hspace{2cm} 880.42 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm} 880.42 \hspace{2cm}} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm} \infty \hspace{2cm}}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.002 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.917 m del nudo N327, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.03 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 12.94 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 49.39 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.001 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.123 m del nudo N327, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.08 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 123.39 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 8.16 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{\quad 68.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 6.00 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

### **Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$11.33 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 11.33 \quad}$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.	$\lambda_{\text{máx}}$ :	<u>64.71</u>
$\varepsilon$ : Factor de reducción.	$\varepsilon$ :	<u>0.92</u>

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{\text{ref}}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{\text{Ed}}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{\text{c,Rd}}$ .

$$0.05 \text{ kN} \leq 61.69 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.321 m del nudo N327, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{\text{Ed}}$ :	<u>0.05</u>	kN
--	-------------------	-------------	----

$V_{\text{c,Rd}}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{\text{c,Rd}}$ :	<u>123.39</u>	kN
--	---------------------	---------------	----

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.665} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{0.933} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\underline{0.931}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.917 m del nudo N327, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{\underline{286.56}} \text{ kN}$$

**M<sub>y,Ed</sub>**, **M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M}_{v,Ed}^+ : \underline{\underline{0.03}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{z,Ed}^+ : \underline{\underline{0.00}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$\mathbf{N}_{pl,Rd} : \underline{\underline{432.01}} \text{ kN}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>**, **M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,v} : \underline{\underline{12.94}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,z} : \underline{\underline{12.94}} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{\underline{16.49}} \text{ cm}^2$$

**W<sub>pl,y</sub>**, **W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{W}_{pl,v} : \underline{\underline{49.39}} \text{ cm}^3$$

$$\mathbf{W}_{pl,z} : \underline{\underline{49.39}} \text{ cm}^3$$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_v : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

**k<sub>y</sub>**, **k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k}_v : \underline{\underline{1.48}}$$

$$\mathbf{k}_z : \underline{\underline{1.48}}$$

**C<sub>m,y</sub>**, **C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\mathbf{C}_{m,v} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$\mathbf{C}_{m,z} : \underline{\underline{1.00}}$$

**χ<sub>y</sub>**, **χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{\chi}_v : \underline{\underline{0.71}}$$

$$\mathbf{\chi}_z : \underline{\underline{0.71}}$$

**λ̄<sub>y</sub>**, **λ̄<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\mathbf{\bar{\lambda}}_v : \underline{\underline{0.72}}$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}}_z : \underline{\underline{0.72}}$$

**α<sub>y</sub>**, **α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\mathbf{\alpha}_v : \underline{\underline{0.60}}$$

$$\mathbf{\alpha}_z : \underline{\underline{0.60}}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.321 m del nudo N327, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$0.05 \text{ kN} \leq 61.69 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$ :	$\frac{0.05}{1}$ kN
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$ :	$\frac{123.39}{1}$ kN

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 4.3 Comprobaciones E.L.U pórtico

#### 4.3.1 Marquesina

Barra N6/N8

Perfil: IPE 550						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N6	N8	13.048	134.00	67120.00	2668.00	123.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	0.000	13.048	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w\bar{\lambda}}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N6/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w\bar{\lambda}} \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 13.048 m η = 0.6	x: 0 m η = 0.8	x: 5.872 m η = 42.3	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 13.048 m η = 13.2	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.872 m η = 43.1	η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 43.1
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  :

**0.64**



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la **Clase** :

**4**

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \frac{125.98}{\text{cm}^2}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{265.00}{\text{MPa}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \frac{8170.95}{\text{kN}}$$

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \frac{8170.95}{\text{kN}}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \frac{\infty}{\text{kN}}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \frac{\infty}{\text{kN}}$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \frac{67120.00}{\text{cm}^4}$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{2668.00}{\text{cm}^4}$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \frac{123.00}{\text{cm}^4}$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \frac{1884000.00}{\text{cm}^6}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{210000}{\text{MPa}}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \frac{81000}{\text{MPa}}$$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \frac{13.048}{\text{m}}$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \frac{0.000}{\text{m}}$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \frac{0.000}{\text{m}}$$

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \frac{22.82}{\text{cm}}$$

Siendo:

$$i_y, i_z : \text{Radios de } i_y : \frac{22.38}{\text{cm}}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$  ,  $z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>4.46</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$46.45 \leq 299.25 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>515.60</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>11.10</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>57.23</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>36.12</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>265.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·VH2.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>20.58</u>	kN
--	--------------	--------------	----

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N_{t,Rd} : \underline{\underline{3381.90}} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \underline{\underline{134.00}} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\underline{252.38}} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\underline{265.00}} \text{ MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\underline{0.007}} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{\underline{0.008}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·VH1+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{\underline{23.60}} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{3179.39}} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.  $\text{Clase} : \underline{\underline{4}}$

**A<sub>ef</sub>**: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.  $A_{ef} : \underline{\underline{125.98}} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\underline{252.38}} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\underline{265.00}} \text{ MPa}$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{2780.40}} \text{ kN}$$

Donde:

$A_{ef}$ : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{\underline{125.98}} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\underline{252.38}} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{265.00}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.87}}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{\underline{0.75}}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.21}}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.64}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{\underline{8170.95}} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{\underline{8170.95}} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\underline{\infty}}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\underline{\infty}}$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.423 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.872 m del nudo N6, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 297.62 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.872 m del nudo N6, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot VH2$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 232.37 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 703.39 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 2787.00 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 252.38 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 265.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.132} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N8, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{138.34} \quad \text{kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \quad \underline{1048.04} \quad \text{kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \quad \underline{71.93} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \quad \underline{550.00} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \quad \underline{11.10} \quad \text{mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{252.38} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{265.00} \quad \text{MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$42.13 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.	$\lambda_w$ :	<u>42.13</u>
$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x}$ :	<u>65.92</u>
$\varepsilon$ : Factor de reducción.	$\varepsilon$ :	<u>0.94</u>

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>265.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$120.64 \text{ kN} \leq 524.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{120.64} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{1048.04} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.429} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.431} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{0.260} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.872 m del nudo N6, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

Donde:

**$N_{c,Ed}$** : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{19.70} \quad \text{kN}$$

**$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$** : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{v,Ed}^+ : \quad \underline{297.62} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \quad \underline{0.00} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \quad \underline{1}$$

**$N_{pl,Rd}$** : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \quad \underline{3381.90} \quad \text{kN}$$

**$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$** : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,v} : \quad \underline{703.39} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \quad \underline{101.20} \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \quad \underline{134.00} \quad \text{cm}^2$$

**$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$** : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,v} : \quad \underline{2787.00} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \quad \underline{401.00} \quad \text{cm}^3$$

**$f_{vd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \quad \underline{252.38} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{265.00} \quad \text{MPa}$$

**$\gamma_{M1}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \quad \underline{1.05}$$

**$k_y$ ,  $k_z$** : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \quad \underline{1.00}$$

$$k_z : \quad \underline{1.00}$$

**$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$** : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,v} : \quad \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \quad \underline{1.00}$$

**$\chi_y$ ,  $\chi_z$** : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \quad \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \quad \underline{1.00}$$

**$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$** : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \quad \underline{0.66}$$

$$\bar{\lambda}_z : \quad \underline{0.00}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y$ :	<u>0.60</u>
	$\alpha_z$ :	<u>0.60</u>

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot VH1 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

$$120.64 \text{ kN} \leq 524.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$ :	<u>120.64</u> kN
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$ :	<u>1048.04</u> kN

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 4.4 Comprobaciones E.L.U vigas

### 4.4.1 Caseta

#### 4.4.1.1 Vigas

Barra N5/N6

Perfil: IPE 220 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N5	N6	8.400	33.40	2772.00	205.00	9.07
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
$\beta$		0.00	0.00	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		0.000	0.000	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N5/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 93.7$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 23.3$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 98.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 98.1$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 33.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **N<sub>cr</sub> :** ∞

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$34.17 \leq 248.36 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma. **h<sub>w</sub> :** 201.60 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma. **t<sub>w</sub> :** 5.90 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma. **A<sub>w</sub> :** 11.89 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida. **A<sub>fc,ef</sub> :** 10.12 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

**f<sub>vf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida. **f<sub>vf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.044} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\quad 38.62 \quad} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{\quad 874.76 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\quad 33.40 \quad} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.937 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 69.94 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 74.64 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase :** 1

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W<sub>pl,y</sub> :** 285.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>Mo</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>Mo</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.233 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub> :** 56.17 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 240.59 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>:** Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub> :** 15.91 cm<sup>2</sup>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

<b>h</b> : Canto de la sección.	<b>h</b> :	<u>220.00</u>	mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> :	<u>5.90</u>	mm

<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> :	<u>261.90</u>	MPa
---	-------------------------	---------------	-----

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>275.00</u>	MPa
<b>γ<sub>Mo</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>Mo</sub></b> :	<u>1.05</u>	

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$30.10 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

<b>λ<sub>w</sub></b> : Esbeltez del alma.	<b>λ<sub>w</sub></b> :	<u>30.10</u>	
---	------------------------	--------------	--

<b>λ<sub>máx</sub></b> : Esbeltez máxima.	<b>λ<sub>máx</sub></b> :	<u>64.71</u>	
---	--------------------------	--------------	--

<b>ε</b> : Factor de reducción.	<b>ε</b> :	<u>0.92</u>	
---------------------------------	------------	-------------	--

Siendo:

<b>f<sub>ref</sub></b> : Límite elástico de referencia.	<b>f<sub>ref</sub></b> :	<u>235.00</u>	MPa
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> :	<u>275.00</u>	MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$56.17 \text{ kN} \leq 120.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{56.17} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{240.59} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.981} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

Donde:

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{38.62} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: \text{Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{y,Ed} : \underline{69.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.} \quad \text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd}: \text{Resistencia a compresión de la sección bruta.} \quad N_{pl,Rd} : \underline{874.76} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: \text{Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{pl,Rd,y} : \underline{74.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{15.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

#### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$ .

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$56.17 \text{ kN} \leq 120.29 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\begin{aligned} V_{Ed,z}: & \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\u00e9simo.} & V_{Ed,z} : & \frac{56.17}{1} \text{ kN} \\ V_{c,Rd,z}: & \text{ Esfuerzo cortante resistente de c\u00e1lculo.} & V_{c,Rd,z} : & \frac{240.59}{1} \text{ kN} \end{aligned}$$

**Resistencia a torsi\u00f3n** (CTE DB SE-A, Art\u00edculo 6.2.7)

La comprobaci\u00f3n no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Art\u00edculo 6.2.8)

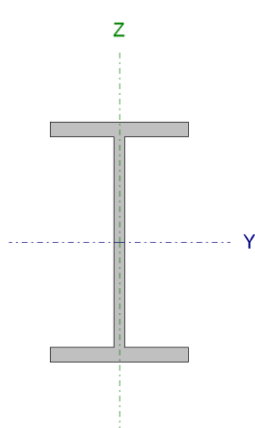
No hay interacci\u00f3n entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinaci\u00f3n. Por lo tanto, la comprobaci\u00f3n no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Art\u00edculo 6.2.8)

No hay interacci\u00f3n entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinaci\u00f3n. Por lo tanto, la comprobaci\u00f3n no procede.

**4.4.1.2 Viguetas**

Barra N5/N8

Perfil: IPE 80		Material: Acero (S275)		
	Nudos	Longitud (m)	Caracter\u00edsticas mec\u00e1nicas	
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	
	N5	N8	3.000	$I_v^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )
				$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )
				$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsi\u00f3n uniforme			
		Pandeo		Pandeo lateral
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup. / Ala inf.
	$\beta$	0.00	0.00	0.00 / 0.00
	$L_K$	0.000	0.000	0.000 / 0.000
$C_m$	1.000	1.000	1.000 / 1.000	
$C_1$	-		1.000	
Notaci\u00f3n: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_K$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificaci\u00f3n para el momento cr\u00edtico				

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N5/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 0.9$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_t$ : Resistencia a tracción $N_c$ : Resistencia a compresión $M_y$ : Resistencia a flexión eje Y $M_z$ : Resistencia a flexión eje Z $V_z$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_yV_z$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_zV_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_yM_z$ : Resistencia a flexión y axil combinados $NM_yM_zV_yV_z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_tV_z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_tV_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.														

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 7.64 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **N<sub>cr</sub> :** ∞

### Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$18.32 \leq 240.89 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>:** Altura del alma. **h<sub>w</sub> :** 69.60 mm

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma. **t<sub>w</sub> :** 3.80 mm

**A<sub>w</sub>:** Área del alma. **A<sub>w</sub> :** 2.64 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>:** Área reducida del ala comprimida. **A<sub>fc,ef</sub> :** 2.39 cm<sup>2</sup>

**k:** Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k :** 0.30

**E:** Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

**f<sub>vf</sub>:** Límite elástico del acero del ala comprimida. **f<sub>vf</sub> :** 275.00 MPa

Siendo:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{200.10} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{7.64} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo son nulas.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35\cdot PP + 0.8\cdot CM1$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.05 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 6.08 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 23.20 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.002 \quad} \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.12 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 54.04 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 3.57 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{\quad 80.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 3.80 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$15.68 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 15.68 \quad}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\quad 64.71 \quad}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{\quad 0.92 \quad}$$

Siendo:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.12 \text{ kN} \leq 27.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{54.04} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

Donde:

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: \text{Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{v,Ed}^- : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.} \quad \text{Clase} : \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd}: \text{Resistencia a compresión de la sección bruta.} \quad N_{pl,Rd} : \underline{200.10} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: \text{Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.} \quad M_{pl,Rd,y} : \underline{6.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{1.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

#### **Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

No procede, dado que tanto las longitudes de pandeo como las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

$$0.12 \text{ kN} \leq 27.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$ :	$\frac{0.12}{54.04}$	kN
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$ :		kN

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 4.5 Comprobaciones E.L.U longitudinales

### 4.5.1 Viga Perimetral

#### 4.5.1.1 Nave Industrial

Barra N414/N430

Perfil: #160x5 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N414	N430	10.500	30.08	1183.21	1183.21	1904.43
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
$\beta$		1.00	1.00	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		10.500	10.500	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N414/N430	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.111 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 7.4$	$\eta = 43.6$	x: 5.305 m $\eta = 8.9$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.11 m $\eta = 0.7$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.111 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.305 m $\eta = 55.0$	x: 0.111 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.0$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  :

1.93



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$N_{cr}$ :** Axil crítico de pandeo elástico.

<b>Clase :</b>	<u>1</u>	
<b>A :</b>	<u>30.08</u>	cm <sup>2</sup>
<b><math>f_y</math> :</b>	<u>275.00</u>	MPa
<b><math>N_{cr}</math> :</b>	<u>222.44</u>	kN

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

<b><math>N_{cr,y}</math> :</b>	<u>222.44</u>	kN
--------------------------------	---------------	----

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

<b><math>N_{cr,z}</math> :</b>	<u>222.44</u>	kN
--------------------------------	---------------	----

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

<b><math>N_{cr,T}</math> :</b>	<u><math>\infty</math></u>	
--------------------------------	----------------------------	--

Donde:

**$I_y$ :** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**$I_z$ :** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**$I_t$ :** Momento de inercia a torsión uniforme.

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

**E:** Módulo de elasticidad.

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**$L_{ky}$ :** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**$L_{kz}$ :** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**$L_{kt}$ :** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**$i_0$ :** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

<b><math>I_y</math> :</b>	<u>1183.21</u>	cm <sup>4</sup>
<b><math>I_z</math> :</b>	<u>1183.21</u>	cm <sup>4</sup>
<b><math>I_t</math> :</b>	<u>1904.43</u>	cm <sup>4</sup>
<b><math>I_w</math> :</b>	<u>0.00</u>	cm <sup>6</sup>
<b>E :</b>	<u>210000</u>	MPa
<b>G :</b>	<u>81000</u>	MPa
<b><math>L_{ky}</math> :</b>	<u>10.500</u>	m
<b><math>L_{kz}</math> :</b>	<u>10.500</u>	m
<b><math>L_{kt}</math> :</b>	<u>0.000</u>	m
<b><math>i_0</math> :</b>	<u>8.87</u>	cm

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y$ :	<u>6.27</u>	cm
$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z$ :	<u>6.27</u>	cm
	$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
	$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$30.00 \leq 313.70 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>150.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>5.00</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>15.00</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>8.00</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.074} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>58.20</u>	kN
--	--------------	--------------	----

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \quad \underline{\underline{787.74}} \quad \text{kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \quad \underline{\underline{30.08}} \quad \text{cm}^2$$

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \quad \underline{\underline{261.90}} \quad \text{MPa}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{\underline{275.00}} \quad \text{MPa}$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{\underline{1.05}}$$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.091}} \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad \underline{\underline{0.436}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$ .

**$N_{c,Ed}$ :** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \quad \underline{\underline{71.64}} \quad \text{kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \quad \underline{\underline{787.74}} \quad \text{kN}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$Clase : \quad \underline{\underline{1}}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \quad \underline{\underline{30.08}} \quad \text{cm}^2$$

**$f_{vd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \quad \underline{\underline{261.90}} \quad \text{MPa}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{164.49}} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\underline{30.08}} \text{ cm}^2$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.21}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{0.21}}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{\underline{2.78}}$$

$$\phi_z : \underline{\underline{2.78}}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.49}}$$

$$\alpha_z : \underline{\underline{0.49}}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{1.93}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\underline{1.93}}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{\underline{222.44}} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{\underline{222.44}} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\underline{222.44}} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\underline{\infty}}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.089 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.305 m del nudo N414, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 4.22 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 47.21 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 180.25 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$\eta : \underline{\quad 0.007 \quad} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N414, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 1.66 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 226.82 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 15.00 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{\quad 150.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 5.00 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$30.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 30.00 \quad}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\quad 64.71 \quad}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{\quad 0.92 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.66 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N414, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.66} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.179} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.550} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.501} \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.305 m del nudo N414, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{70.64}{\quad} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \frac{4.22}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \frac{1}{\quad}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{787.74}{\quad} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{47.21}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{47.21}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{30.08}{\quad} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \frac{180.25}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{180.25}{\quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{\quad}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.34}{\quad}$$

$$k_z : \frac{1.34}{\quad}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{\quad}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.21}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{0.21}{\quad}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{1.93}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{1.93}{\quad}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{\quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.111 m del nudo N414, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$1.66 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$ :	$\frac{1.66}{226.82}$	kN
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$ :		kN

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### 4.5.1.2 Marquesina

Barra N6/N10

Perfil: #40x2 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N6	N10	10.730	2.90	6.77	6.77	11.30
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	10.730	10.730	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	λ	λ <sub>w</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N6/N10	N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.671 m λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,máx</sub> Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.365 m η = 38.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	x: 0 m η = 0.7	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	x: 0.671 m η < 0.1	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 38.2
Notación: λ: Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

#### **Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

#### **Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$18.00 \leq 307.36 \quad \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{vf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{36.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{2.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{1.44} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{0.80} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$$f_{vf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

### **Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.382} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.365 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{1.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y}$  : 4.34 cm<sup>3</sup>

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd}$  : 261.90 MPa

Siendo:

$f_v$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_v$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$  : 1.05

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.16} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{21.77} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{1.44} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{36.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{2.00} \text{ mm}$$

$f_{vd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_v$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$18.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_v$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_v$  : 275.00 MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.14 \text{ kN} \leq 10.89 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.671 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.14 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 21.77 kN

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

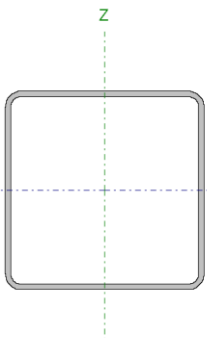
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

4.5.2 Montantes

Barra N306/N349

<b>Perfil: #160x5</b>							
<b>Material: Acero (S275)</b>							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N306	N349	10.730	30.08	1183.21	1183.21	1904.43
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>		10.730	10.730	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>
N306/N349	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.077 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 0.1$	$\eta = 71.4$	x: 5.365 m $\eta = 9.3$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.075 m $\eta = 0.7$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.077 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.365 m $\eta = 80.1$	x: 0.077 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 80.1$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 1.97 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

1

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 30.08 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 213.00 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 213.00 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 213.00 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 1183.21 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 1183.21 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 1904.43 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 10.730 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 10.730 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 8.87 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de

**i<sub>y</sub> :** 6.27 cm

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$y_0$  ,  $z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$i_z$ :	<u>6.27</u>	cm
$y_0$ :	<u>0.00</u>	mm
$z_0$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$30.00 \leq 313.70 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>150.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>5.00</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>15.00</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>8.00</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>210000</u>	MPa
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(180^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$ :	<u>0.67</u>	kN
--	--------------	-------------	----

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N_{t,Rd} : \underline{\underline{787.74}} \text{ kN}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.  $A : \underline{\underline{30.08}} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$

### **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\underline{0.144}} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{\underline{0.714}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{\underline{113.24}} \text{ kN}$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{787.74}} \text{ kN}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.  $\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.  $A : \underline{\underline{30.08}} \text{ cm}^2$

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.  $f_{vd} : \underline{\underline{261.90}} \text{ MPa}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\underline{275.00}} \text{ MPa}$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  :

1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  :

158.52

kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** :

30.08

cm<sup>2</sup>

**f<sub>vd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>vd</sub>** :

261.90

MPa

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** :

275.00

MPa

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1}$  :

1.05

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y$  :

0.20

$\chi_z$  :

0.20

Siendo:

$\phi_y$  :

2.88

$\phi_z$  :

2.88

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  :

0.49

$\alpha_z$  :

0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$  :

1.97

$\bar{\lambda}_z$  :

1.97

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** :

213.00

kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** :

213.00

kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** :

213.00

kN

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** :

∞

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.093 \quad} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.365 m del nudo N306, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 4.38 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 47.21 \quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{\quad 180.25 \quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{\quad 0.007 \quad} \checkmark$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.075 m del nudo N306, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 1.68 \quad} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 226.82 \quad} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 15.00 \quad} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{\quad 150.00 \quad} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 5.00 \quad} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 261.90 \quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 275.00 \quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$30.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{\quad 30.00 \quad}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{\quad 64.71 \quad}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{\quad 0.92 \quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.	$f_{ref}$ :	<u>235.00</u>	MPa
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y$ :	<u>275.00</u>	MPa

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$1.65 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.077 m del nudo N306, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.65} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{226.82} \text{ kN}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.199} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.801} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.766} \quad \checkmark$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.365 m del nudo N306, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{113.24}{\quad} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{v,Ed}^+ : \frac{2.59}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \frac{0.00}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \frac{1}{\quad}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{787.74}{\quad} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,v} : \frac{47.21}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{47.21}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{30.08}{\quad} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,v} : \frac{180.25}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{180.25}{\quad} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{\quad}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.57}{\quad}$$

$$k_z : \frac{1.57}{\quad}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,v} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{\quad}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.20}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{0.20}{\quad}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{1.97}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{1.97}{\quad}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{\quad}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

#### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.077 m del nudo N306, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$1.65 \text{ kN} \leq 113.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$ :	$\frac{1.65}{226.82}$	kN
$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$ :		kN

#### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

#### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

#### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 4.6 Comprobaciones Arriostramiento (VCV)

La comprobación de dichas barras, que conforman los arriostramientos de la viga contraviento (VCV) se ha realizado manualmente, ya que la comprobación que realizaba el programa cype me seleccionaba el primer perfil disponible que había en la lista, y eso como se puede observar en el *DOCUMENTO II: ANEXO II: Predimensionamiento* no cumple la condición de esbeltez reducida máxima.

#### **Comprobación, del estado límite de servicio de deformación:**

En este caso la longitud de la barra se puede considerar importante  $l=15012,758 \text{ mm} > 6000 \text{ mm}$ , por lo que se debe comprobar el **ELS de deformación** bajo el criterio de apariencia (G), donde el peso propio es la única carga a considerar 1G.

Para un elemento biapoyado, se tiene que la flecha máxima se calcula según la *Ecuación 16, Flecha máxima para un elemento biapoyado*:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot ld^4}{E \cdot I_y}$$

*Ecuación 16, Flecha máxima para un elemento biapoyado*

Para un perfil “L150x150x10”, se tiene una flecha:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{23 \cdot 9,81}{10^3}\right) \cdot 15012,758^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 624 \cdot 10^4} = 113,886 \text{ mm}$$

A continuación calculamos la flecha relativa entre el punto central y el extremo, según la Ecuación 17, Flecha relativa entre el punto central y el extremo:

$$fr = \frac{f_{\text{central}} - f_o}{2 \cdot \left(\frac{ld}{2}\right)}$$

*Ecuación 17, Flecha relativa entre el punto central y el extremo*

$$fr = \frac{f_{\text{central}} - f_o}{2 \cdot \left(\frac{ld}{2}\right)} = \frac{113,886 - 0}{15012,758} = 0,007 \leq 0,003 = \frac{1}{300} = fr_{adm}$$

No cumple, dicho perfil. Iterando el valor que cumple es el siguiente, para un perfil “L250x250x17”,

#### L250x250x17

G=64,4 Kg/m	iv=4,93x10 mm
A=82,1x10 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup>	iu=9,74x10 mm
Wel,y=268,7x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	Iy=4893x10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>

Se tiene una flecha, según la Ecuación 16, Flecha máxima para un elemento biapoyado::

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{\left(\frac{64,4 \cdot 9,81}{10^3}\right) \cdot 15012,758^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 4893 \cdot 10^4} = 40,66 \text{ mm}$$

A continuación calculamos la flecha relativa entre el punto central y el extremo, según la Ecuación 17, Flecha relativa entre el punto central y el extremo:

$$fr = \frac{f_{\text{central}} - f_o}{2 \cdot \left(\frac{ld}{2}\right)} = \frac{40,66 - 0}{15012,758} = 0,0027 \leq 0,003 = \frac{1}{300} = fr_{adm}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Por lo tanto el perfil “L250x250x17” cumple **ELS de deformación, criterio de apariencia**.

**Comprobación, del estado último de resistencia a tracción:**(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3), según la Ecuación 18, Comprobación del ELU de resistencia a tracción.

$$\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{yed}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$$

*Ecuación 18, Comprobación del ELU de resistencia a tracción*

El axil  $N_{ed}$ , será el de la diagonal más solicitada. Como todas las diagonales tendrán el mismo perfil, seleccionamos la más solicitada. Del análisis de la viga contraviento (VCV) sabemos que es la diagonal más cercana al apoyo.

$$N_{ed} = 1,5 \cdot N_{17} = 1,5 \cdot 56,004 = 84,005 \text{ KN}$$

Por tener las diagonales una longitud considerada, debemos combinar el axil con el momento debido al peso propio. Este vale según la (Ecuación 19, Momento máximo en barra biapoyada debido a la carga lineal constante):

$$M_{ed} = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot g \cdot l \cdot d^2$$

*Ecuación 19, Momento máximo en barra biapoyada debido a la carga lineal constante*

$$M_{ed} = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot g \cdot l \cdot d^2 = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot \left( \frac{64,4 \cdot 9,81 \text{ KN}}{10^3} \frac{\text{m}}{\text{m}} \right) \cdot 15,012 \text{ m}^2$$

$$M_{ed} = 24,028 \text{ KNm}$$

Así la comprobación según la Ecuación 18, Comprobación del ELU de resistencia a tracción queda:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_m} = \frac{275 \text{ MPa}}{1,05} = 261,9 \text{ MPa}$$

$$\frac{84,005 \cdot 10^3}{82,1 \cdot 10^2 \cdot 261,9} + \frac{24,028}{268,7 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,380 \leq 1$$

Por lo tanto el perfil, “L250x250x17” cumple el **ELU de Resistencia**. Por lo tanto, tras verificar todas las comprobaciones este será el perfil escogido para las diagonales de la VCV.

## 4.7 Comprobaciones E.L.S y E.L.U arriostramientos (CSA)

### 4.7.1 Arriostramiento Fachada Lateral y Arriostramiento Pórtico de Fachada

La comprobación de dichas barras, que conforman la cruz de san Andrés (CSA) se ha realizado manualmente, ya que la comprobación que realizaba el programa cype no era correcta, ya que me cogía el primer perfil disponible que había en la serie de perfiles disponibles, y como se puede observar en el DOCUMENTO II: ANEXO II: Predimensionamiento el primer perfil ya no cumple la condición de esbeltez reducida máxima.

#### **Comprobación, del estado límite de servicio de deformación:**

Como la longitud de la diagonal es considerable, su peso podría ser la única carga que generase flecha en la diagonal. Sin embargo, como la diagonal de arriostramiento se coloca en horizontal (va desde la cabeza del pilar del primer pórtico interior hasta la base del pilar del pórtico de fachada), se puede considerar que el peso propio del perfil no genera flechas significativas. Por lo tanto, no es necesario realizar la comprobación del E.L.S. de Deformación, criterio de apariencia (G).

**Comprobación, del estado último de resistencia a tracción:**(CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3), según la Ecuación 18, Comprobación del ELU de resistencia a tracción

$$\frac{N_{ed}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$$

El axil  $N_{ed}$ , al que está sometida la diagonal debido al peso propio. El axil al que está sometida la diagonal se ha calculado previamente (sin considerar la VP que se encuentra a 7,67 m).

$$N_{diagonal\_CSA} = 75,215 \text{ KN}$$

$$N_{ed} = 1,5 \cdot N_{diagonal\_CSA} = 1,5 \cdot 75,215 = 112,822 \text{ KN}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Así la comprobación queda según la según la Ecuación 18, Comprobación del ELU de resistencia a tracción:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_m} = \frac{275 \text{ MPa}}{1,05} = 261,9 \text{ MPa}$$

$$\frac{112,822 \cdot 10^3}{2930 \cdot 10^2 \cdot 261,9} = 0,147 \leq 1$$

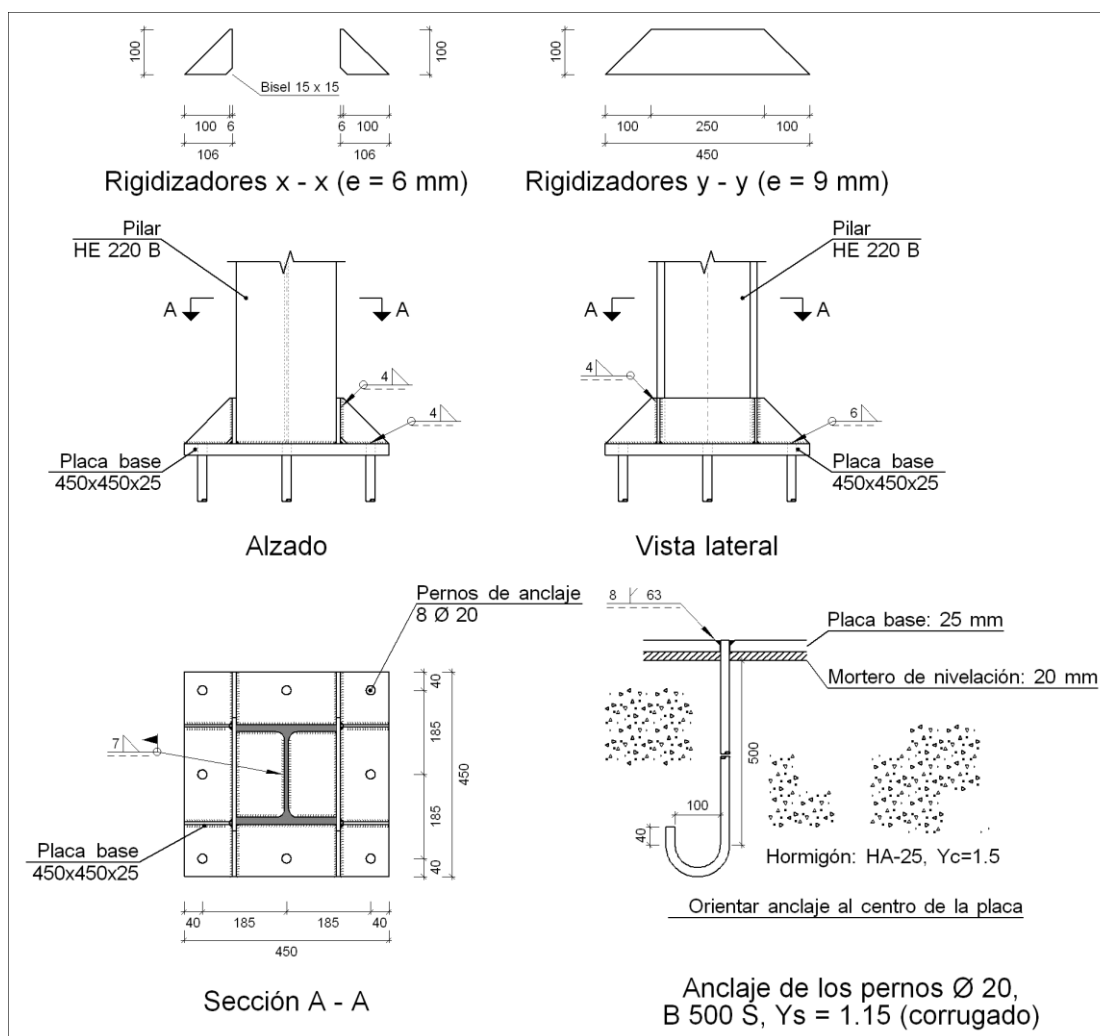
Por lo tanto el perfil, “L150x150x10” cumple el **ELU de Resistencia**. Por lo tanto, tras verificar todas las comprobaciones este será el perfil escogido para las diagonales de la CSA.

## 4.8 Comprobaciones de las placas de anclaje

### 4.8.1 Nave Industrial

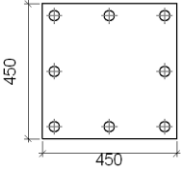
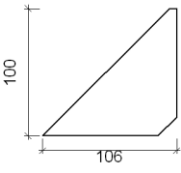
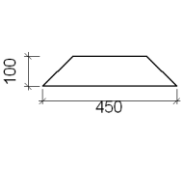
#### 4.8.1.1 Tipo 1

a) Detalle



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		450	450	25	8	36	22	8	S275	275.0	410.0
Rigidizador		106	100	6	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		450	100	9	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1093	9.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

## 2) Placa de anclaje

Referencia:	Valores	Estado
Comprobación		
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 44	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 29.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 111.12 kN Calculado: 85.14 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 77.78 kN Calculado: 11 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 111.12 kN Calculado: 100.86 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 125.6 kN Calculado: 80.62 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 259.267 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 261.9 kN Calculado: 10.34 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 205.763 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 205.763 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 255.282 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 255.282 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 3828.22	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 3828.22	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3436.44	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3436.44	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 216.165 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	106	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	106	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	106	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	106	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	450	9.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	450	9.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	8	63	20.0	90.00

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -107): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = 107): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	213.8	370.4	95.99	0.0	0.00	410.0	0.85

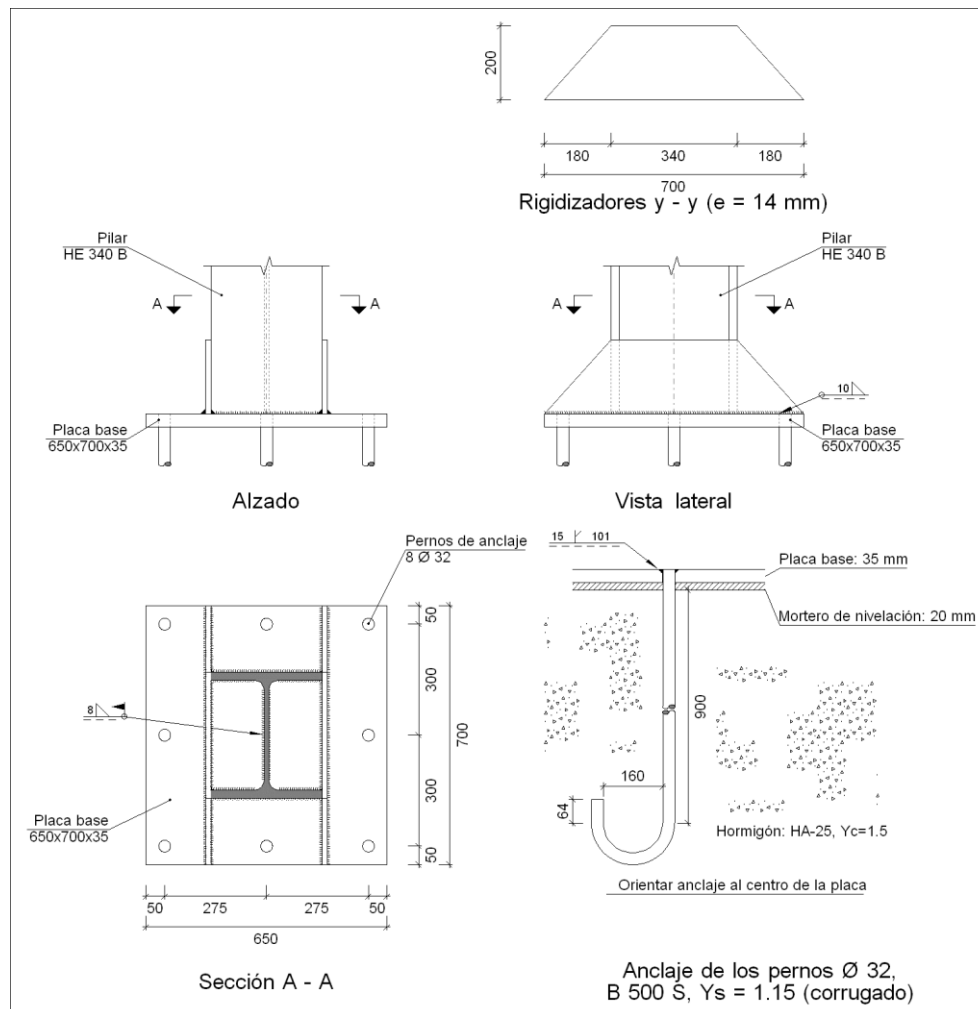
d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1068
			6	1736
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	8	503
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

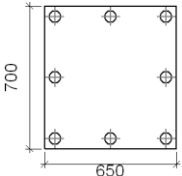
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x450x25	39.74
	Rigidizadores pasantes	2	450/250x100/0x9	4.95
	Rigidizadores no pasantes	4	106/6x100/0x6	1.06
	Total			45.74
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 20 - L = 565 + 228	15.66
	Total			15.66

### 4.8.1.2 Tipo 2

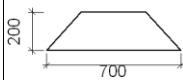
#### a) Detalle



#### b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f <sub>y</sub> (MPa)	f <sub>u</sub> (MPa)
Placa base		650	700	35	8	62	34	15	S275	275.0	410.0

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidizador		700	200	14	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

### c) Comprobación

#### 1) Pilar HE 340 B

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	8	1554	12.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

#### 2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 275 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 33.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 90 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 320.03 kN Calculado: 280.66 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 224.02 kN Calculado: 15.45 kN	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción + Cortante:	Máximo: 320.03 kN Calculado: 302.73 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 321.6 kN Calculado: 272.8 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 341.19 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 586.67 kN Calculado: 14.96 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 200.911 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 200.911 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 255.655 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 255.655 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1492.64	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1492.64	Cumple
- Arriba:	Calculado: 3266.91	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3266.91	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 237.563 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)		
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	700	14.0	90.00		
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	700	14.0	90.00		
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	15	101	32.0	90.00		
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	208.7	361.6	93.69	0.0	0.00	410.0	0.85

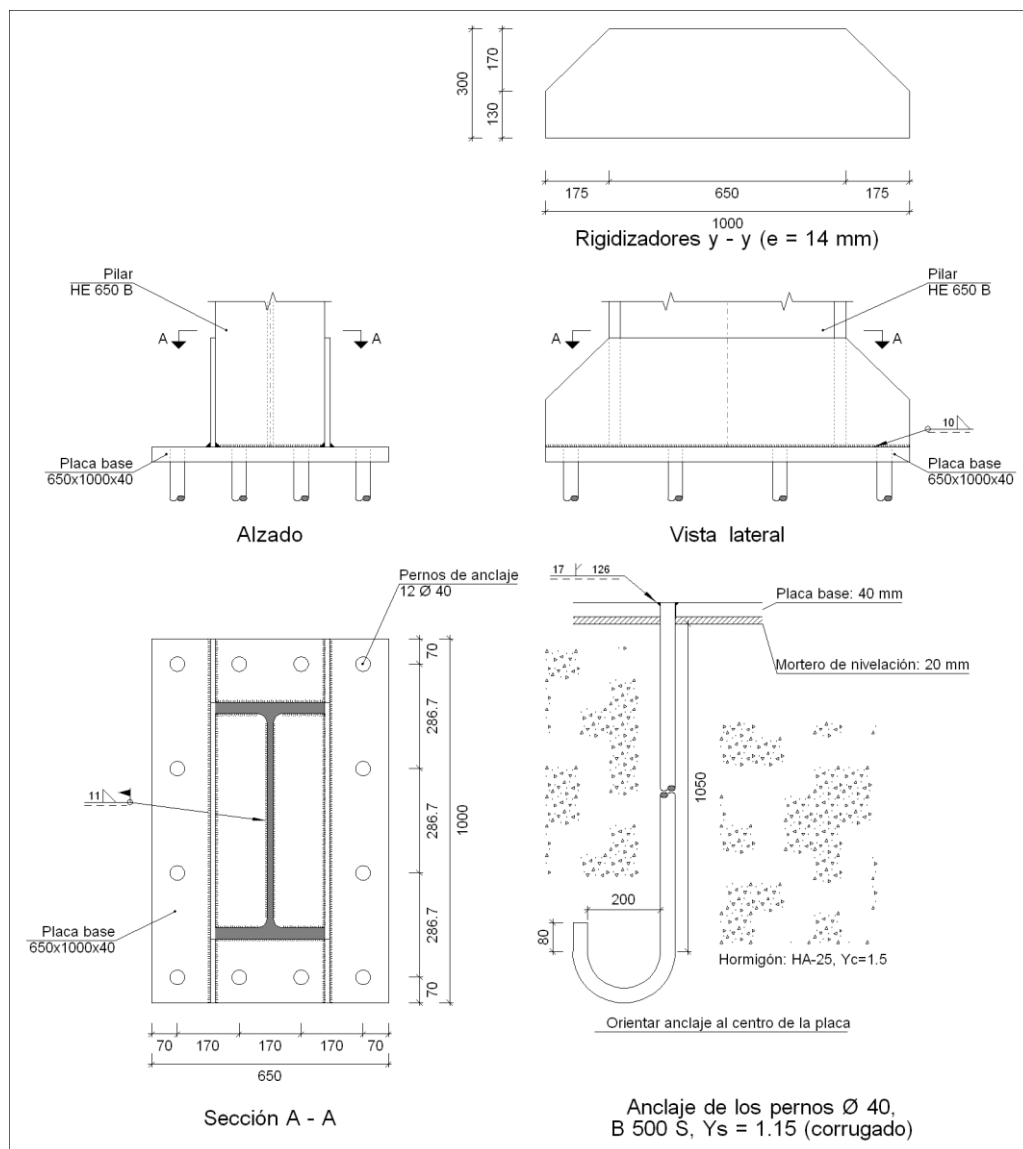
d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	10	2714
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	15	804
	En el lugar de montaje	En ángulo	8	1554

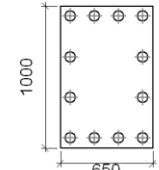
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x700x35	125.01
	Rigidizadores pasantes	2	700/340x200/0x14	22.86
	Total			147.87
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 32 - L = 987 + 366$	68.32
	Total			68.32

### 4.8.1.3 Tipo 3

#### a) Detalle

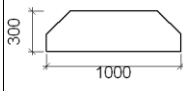


#### b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		650	1000	40	12	74	42	17	S275	275.0	410.0



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Rigidizador		1000	300	14	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

### c) Comprobación

#### 1) Pilar HE 650 B

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	11	2128	16.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

#### 2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 120 mm Calculado: 170 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 70 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 43	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 44 cm Calculado: 105 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:	Máximo: 466.7 kN Calculado: 426.88 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 326.69 kN Calculado: 20.94 kN	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción + Cortante:	Máximo: 466.7 kN Calculado: 456.8 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 504 kN Calculado: 399.84 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 318.743 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 838.1 kN Calculado: 19.63 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 132.425 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 132.425 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 207.615 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 207.615 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1701.26	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1701.26	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7196.19	Cumple
- Abajo:	Calculado: 7196.19	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 254.334 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	1000	14.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	En ángulo	10	--	1000	14.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	17	126	40.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 157): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	212.1	367.4	95.21	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

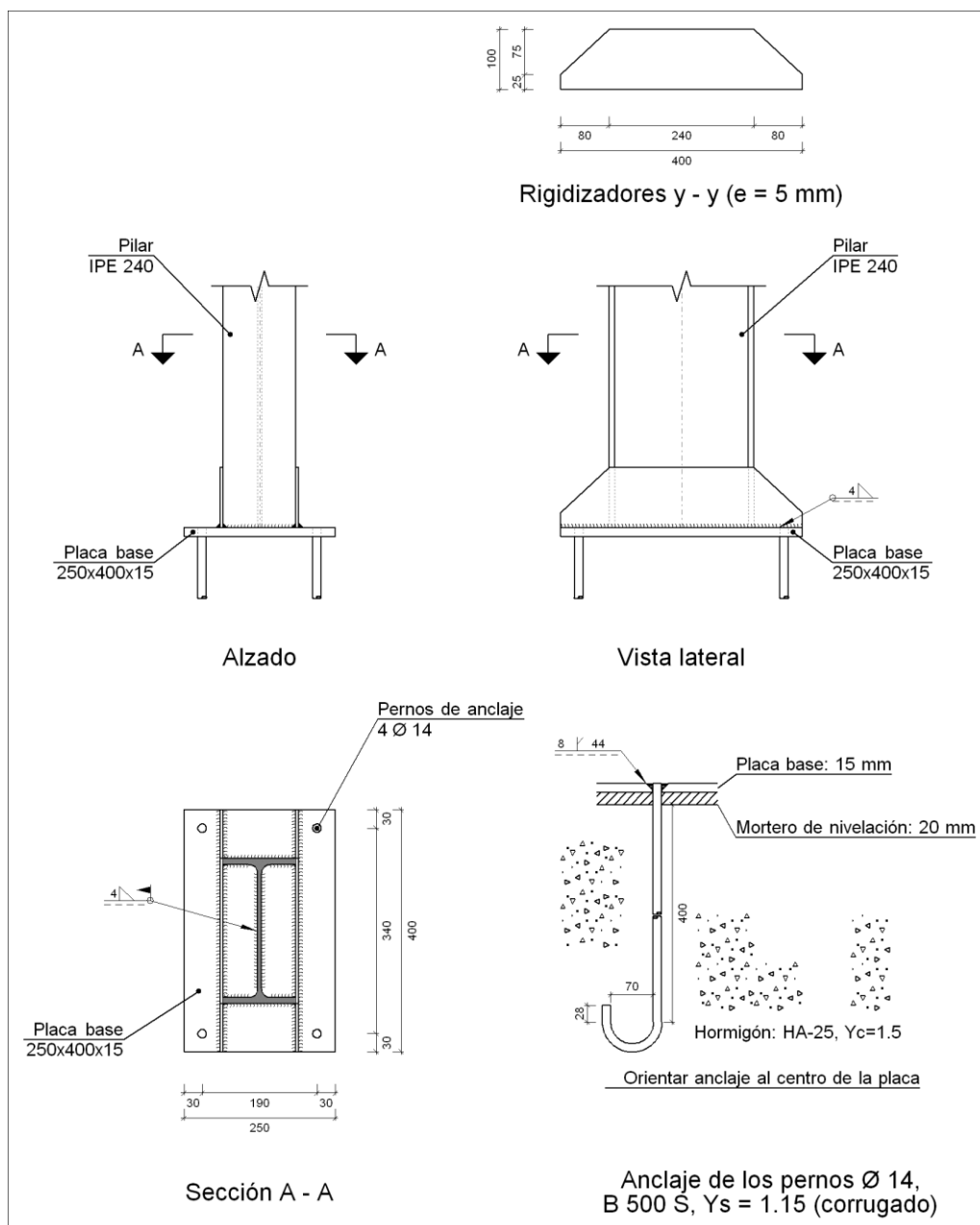
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	10	3876
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	17	1508
	En el lugar de montaje	En ángulo	11	2128

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x1000x40	204.10
	Rigidizadores pasantes	2	1000/650x300/130x14	59.40
	Total			263.50
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	12	$\varnothing 40 - L = 1150 + 457$	190.23
	Total			190.23

### 4.8.2 Marquesina

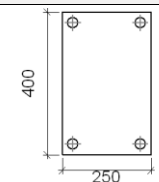
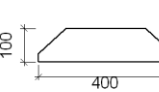
#### 4.8.2.1 Tipo 4

a) Detalle



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		250	400	15	4	30	16	8	S275	275.0	410.0
Rigidizador		400	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 240

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	4	788	6.2	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 190 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 51.06 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 43.56 kN Calculado: 3.66 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 56.28 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 61.6 kN Calculado: 50.86 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 331.192 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 110 kN Calculado: 3.29 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 128.186 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 128.213 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 155.574 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 67.7431 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2140.59	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2139.68	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7211.92	Cumple
- Abajo:	Calculado: 14999.2	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -63): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	400	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 63): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	400	5.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	8	44	14.0	90.00

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -63): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 63): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	192.7	333.8	86.51	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

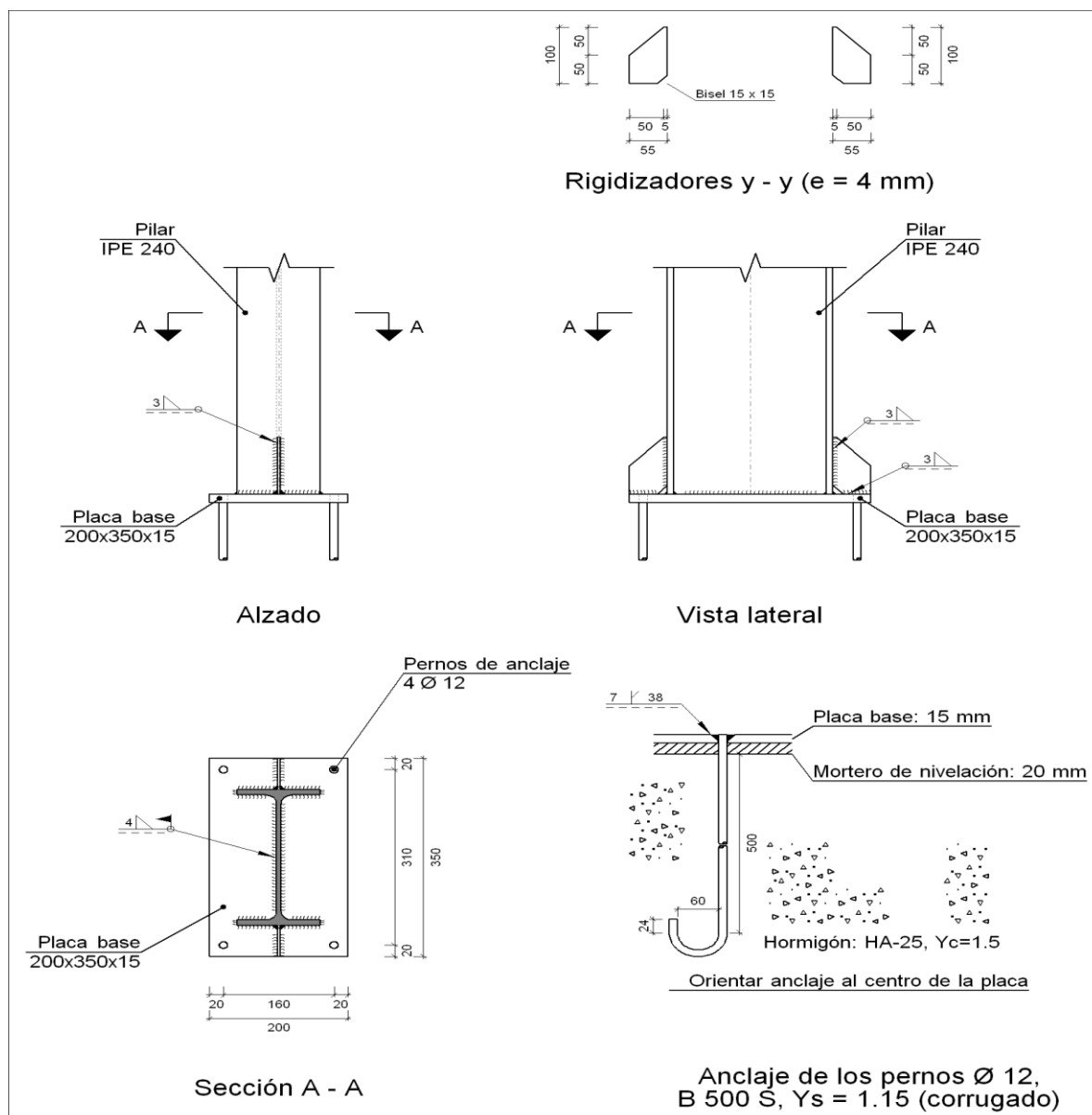
Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1561
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	8	176
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	788

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	250x400x15	11.78
	Rigidizadores pasantes	2	400/240x100/25x5	2.67
	Total			14.44
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 14 - L = 449 + 160$	2.94
	Total			2.94

### 4.8.3 Caseta

#### 4.8.3.1 Tipo 5

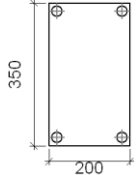
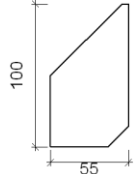
##### a) Detalle





Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		200	350	15	4	26	14	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		55	100	4	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 240

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	4	788	6.2	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 36 mm Calculado: 160 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 18 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 49.4	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 66.67 kN Calculado: 44.65 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 46.67 kN Calculado: 11.04 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 66.67 kN Calculado: 60.41 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 45.2 kN Calculado: 38.89 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 381.427 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 94.29 kN Calculado: 9.65 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 48.9581 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 48.9581 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 187.866 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 187.866 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 89659.5	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 89659.5	Cumple
- Arriba:	Calculado: 8040.08	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8040.08	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y ( $x = 0$ ): Soldadura a la placa base	En ángulo	3	--	55	4.0	90.00
Rigidizador y-y ( $x = 0$ ): Soldadura a la pieza	En ángulo	3	--	85	4.0	90.00
Rigidizador y-y ( $x = 0$ ): Soldadura a la placa base	En ángulo	3	--	55	4.0	90.00

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	3	--	85	4.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	38	12.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	206.3	357.4	92.61	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	330
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	151
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	788

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x350x15	8.24
	Rigidizadores no pasantes	2	55/5x100/50x4	0.27
	Total			
B 500 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 12 - L = 547 + 137$	2.43
	Total			

## 4.9 Comprobación de las cimentaciones

### 4.9.1 Comprobaciones de las vigas de atado y centradoras

#### 4.9.1.1 Nave Industrial

Referencia: VC.S-3.2 [N3-N46] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5Ø25 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 5Ø25 -Estribos: 1xØ10c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 8 mm Calculado: 10 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 3.8 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 3.8 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 20.9 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 3.8 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 3.8 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 20.9 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.14 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 7.85 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0028	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0102	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0102	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 3.68 cm <sup>2</sup>	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: VC.S-3.2 [N3-N46] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 5Ø25 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 5Ø25 -Estribos: 1xØ10c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 24.54 cm <sup>2</sup>	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 24.54 cm <sup>2</sup>	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 404.42 kN·m Axil: ± 0.00 kN Momento flector: -404.42 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 57 cm Calculado: 59 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 36 cm Calculado: 37 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 12 cm Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 107 cm Calculado: 107 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 76 cm Calculado: 77 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 35 cm Calculado: 36 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 255.96 kN	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 25.0 mm (Cumple)		

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: V [N46-N89] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 6Ø20 -Armadura de piel: 4x2Ø16 -Armadura inferior: 6Ø20 -Estribos: 1xØ10c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 10 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 5.1 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 6.6 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 5.1 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.14 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 7.85 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0028	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0078	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.0078	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 3.68 cm <sup>2</sup>	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 18.84 cm <sup>2</sup>	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 18.84 cm <sup>2</sup>	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 346.90 kN·m Axil: ± 0.00 kN Momento flector: -346.90 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: V [N46-N89] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 6Ø20 -Armadura de piel: 4x2Ø16 -Armadura inferior: 6Ø20 -Estribos: 1xØ10c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 72 cm Calculado: 73 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 52 cm Calculado: 52 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 49 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 72 cm Calculado: 73 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 52 cm Calculado: 52 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 49 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 237.06 kN	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)		

#### 4.9.1.2 Marquesina

Referencia: VC.S-2 [N27-N25] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: VC.S-2 [N27-N25] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 21.6 cm	Cumple Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Máximo: 30 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 6.8 cm Calculado: 21.6 cm	Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.14 cm <sup>2</sup> /m Calculado: 3.35 cm <sup>2</sup> /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.0028 Calculado: 0.0052 Calculado: 0.0052	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.68 cm <sup>2</sup> Calculado: 12.56 cm <sup>2</sup> Calculado: 12.56 cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 150.20 kN·m Axil: ± 0.00 kN Momento flector: -250.78 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 21 cm	Cumple



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: VC.S-2 [N27-N25] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 60.0 cm -Armadura superior: 4Ø20 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø20 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 40 cm Calculado: 41 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 40 cm Calculado: 41 cm	Cumple
Abertura de fisuras: - Armadura inferior: - Armadura superior:	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm Calculado: 0.04 mm	Cumple Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 7.34 kN	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 20.0 mm (Cumple)		

Referencia: C.1 [N21-N17] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: C.1 [N21-N17] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No lleguen estados de carga a la cimentación.		

#### 4.9.1.3 Caseta

Referencia: VC.T-1 [N4-N3] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 3Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 12.4 cm Calculado: 17.2 cm	Cumple Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior:	Máximo: 30 cm Calculado: 7.3 cm	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: VC.T-1 [N4-N3] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm		
-Armadura superior: 4Ø16		
-Armadura de piel: 1x2Ø12		
-Armadura inferior: 3Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior:	Calculado: 12.4 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17.2 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada:		
- Armadura superior (Situaciones persistentes): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0028 Calculado: 0.004	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta:		
- Armadura superior (Situaciones persistentes): <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 3.06 cm <sup>2</sup> Calculado: 8.04 cm <sup>2</sup>	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta:		
- Situaciones persistentes:	Momento flector: -72.10 kN·m Axil: ± 0.00 kN	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 21 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Abertura de fisuras:	Máximo: 0.3 mm	
- Armadura inferior:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armadura superior:	Calculado: 0.06 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		

## 4.9.2 Comprobaciones de las zapatas

### 4.9.2.1 Nave Industrial

#### 4.9.2.1.1 Zapata pilar esquinero

Referencia: N347		
Dimensiones: 80 x 80 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø16c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.161571 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.14352 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.161571 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X <sup>(1)</sup>		No procede
- En dirección Y <sup>(1)</sup>		No procede
<sup>(1)</sup> Sin momento de vuelco		
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 114.07 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 121.75 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 304.2 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N347:	Mínimo: 49 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0012	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0012	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N347 Dimensiones: 80 x 80 x 70 Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø16c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.0013 Calculado: 0.0012	Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 13 cm Calculado: 24 cm	Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 13 cm Calculado: 24 cm	Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud mínima de las patillas: - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Abertura de fisuras: - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm Calculado: 0 mm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N347		
Dimensiones: 80 x 80 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø16c/24		
Comprobación	Valores	Estado
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)</li> <li>- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.77</li> <li>- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.85</li> <li>- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN</li> <li>- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 kN</li> </ul>		

#### 4.9.2.1.2 Zapata pilar hastial

Referencia: N437		
Dimensiones: 275 x 505 x 205		
Armados: Xi:Ø20c/16 Yi:Ø20c/17 Xs:Ø20c/16 Ys:Ø20c/17		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión media en situaciones persistentes: Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.105458 MPa</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0817173 MPa</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.234655 MPa</li> </ul>		
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En dirección X: Reserva seguridad: 646.1 %</li> <li>- En dirección Y: Reserva seguridad: 1.0 %</li> </ul>		
<b>Flexión en la zapata:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En dirección X: Momento: 91.71 kN·m</li> <li>- En dirección Y: Momento: 1991.58 kN·m</li> </ul>		
<b>Cortante en la zapata:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En dirección X: Cortante: 0.00 kN</li> <li>- En dirección Y: Cortante: 636.67 kN</li> </ul>		
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Situaciones persistentes: Máximo: 5000 kN/m<sup>2</sup> Calculado: 49.6 kN/m<sup>2</sup></li> </ul> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mínimo: 25 cm</li> <li>Calculado: 205 cm</li> </ul>		
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- N437: Mínimo: 105 cm Calculado: 196 cm</li> </ul>		

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N437 Dimensiones: 275 x 505 x 205 Armados: Xi:Ø20c/16 Yi:Ø20c/17 Xs:Ø20c/16 Ys:Ø20c/17		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.0009</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.001</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0007</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0006</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p> <p>- Parrilla inferior: - Parrilla superior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 20 mm</p> <p>Calculado: 20 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:</p>	<p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i></p> <p>- Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 17 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p>	<p>Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm</p> <p>Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm</p> <p>Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N437		
Dimensiones: 275 x 505 x 205		
Armados: Xi:Ø20c/16 Yi:Ø20c/17 Xs:Ø20c/16 Ys:Ø20c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 31 cm Calculado: 262 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 34 cm Calculado: 270 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 28 cm	Cumple
Abertura de fisuras:	Máximo: 0.3 mm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.53		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 2059.32 kN		

#### 4.9.2.1.3 Zapata pilar interior

Referencia: N46		
Dimensiones: 255 x 505 x 210		
Armados: Xi:Ø25c/24 Yi:Ø20c/16 Xs:Ø25c/24 Ys:Ø20c/16		
Comprobación	Valores	Estado



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N46		
Dimensiones: 255 x 505 x 210		
Armados: Xi:Ø25c/24 Yi:Ø20c/16 Xs:Ø25c/24 Ys:Ø20c/16		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0998658 MPa Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.163238 MPa Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.199732 MPa	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X <sup>(1)</sup> - En dirección Y: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <b>(1) Sin momento de vuelco</b>	Reserva seguridad: 0.8 %	No procede Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 114.09 kN·m Momento: 713.65 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN Cortante: 244.27 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 75.8 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 210 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N46:	Mínimo: 90 cm Calculado: 201 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001	Cumple Cumple Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N46		
Dimensiones: 255 x 505 x 210		
Armados: Xi:Ø25c/24 Yi:Ø20c/16 Xs:Ø25c/24 Ys:Ø20c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 31 cm Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 31 cm Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 269 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 44 cm Calculado: 44 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 44 cm Calculado: 44 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 277 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 25 cm Calculado: 31 cm	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N46		
Dimensiones: 255 x 505 x 210		
Armados: Xi:Ø25c/24 Yi:Ø20c/16 Xs:Ø25c/24 Ys:Ø20c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 25 cm Calculado: 31 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 25 cm Calculado: 44 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 25 cm Calculado: 44 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 28 cm	Cumple
Abertura de fisuras:	Máximo: 0.3 mm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.02 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.19		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 1946.11 kN		

#### 4.9.2.2 Marquesina

Referencia: N5		
Dimensiones: 175 x 335 x 140		
Armados: Xi:Ø20c/22 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/22 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0595467 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.0859356 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.306563 MPa Calculado: 0.119192 MPa	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N5 Dimensiones: 175 x 335 x 140 Armados: Xi:Ø20c/22 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/22 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Vuelco de la zapata:</b> - En dirección X <sup>(1)</sup> - En dirección Y: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> <b>(1) Sin momento de vuelco</b>	Reserva seguridad: 6.2 %	No procede  Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 24.21 kN·m Momento: -55.23 kN·m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN Cortante: 42.48 kN	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 92 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 140 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> - N5:	Mínimo: 40 cm Calculado: 131 cm	Cumple
<b>Cuantía geométrica mínima:</b> <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.001 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.001	Cumple Cumple Cumple Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 20 mm Calculado: 20 mm	Cumple Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N5		
Dimensiones: 175 x 335 x 140		
Armados: Xi:Ø20c/22 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/22 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 177 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 28 cm Calculado: 185 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 28 cm	Cumple
Abertura de fisuras:	Máximo: 0.3 mm	

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N5		
Dimensiones: 175 x 335 x 140		
Armados: Xi:Ø20c/22 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/22 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.01 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.06		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 951.37 kN		

#### 4.9.2.3 Caseta

Referencia: N4		
Dimensiones: 60 x 60 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø16c/30 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø16c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Calculado: 0.1549 MPa	
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.24525 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 0.306563 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X <sup>(1)</sup> - En dirección Y <sup>(1)</sup> <i>(1) Sin momento de vuelco</i>		No procede No procede
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: -3.16 kN·m Momento: 0.00 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN Cortante: 0.00 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 334.5 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N4		
Dimensiones: 60 x 60 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø16c/30 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø16c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N4:	Mínimo: 49 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Referencia: N4		
Dimensiones: 60 x 60 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø16c/30 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø16c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
- Armado superior dirección X: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.001	Cumple
Abertura de fisuras:	Máximo: 0.3 mm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.01 mm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0 mm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.00		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 kN		



## **ANEXO 4: CÁLCULOS SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En este anexo, se desarrollaran y justifican los cálculos requeridos en el diseño del sistema de protección contra incendios.

### **2. ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL**

#### **2.1 Cálculo de carga de fuego, ponderada y corregida de dicho sector para actividades de almacenamiento**

Para el cálculo de la densidad de carga de fuego,  $Q_s$  (*Ecuación 20, Densidad de carga de fuego*) se ha utilizado la aplicación online [Konstruir.com](http://Konstruir.com)

En función de los materiales combustibles que intervienen en la actividad de almacenaje.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i G_i \cdot q_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left[ \frac{MJ}{m^2} \right]$$

*Ecuación 20, Densidad de carga de fuego actividad almacenamiento*

Donde:

- **$Q_s$**  Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- **$G_i$**  Masa, en Kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles)

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

- ***qi*** Poder calorífico, en MJ/Kg o Mcal/Kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.
- ***Ci*** 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.
- ***Ra*** 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.
- ***A*** Superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio en m<sup>2</sup>.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, *Ci*, de cada combustible pueden deducirse de la *Tabla 32, Grado de peligrosidad de los combustibles*.

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, <i>C<sub>i</sub></i>		
ALTA	MEDIA	BAJA
- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1  - Líquidos clasificados como subclase B <sub>1</sub> , en la ITC MIE-APQ1.  - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.  - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.  - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.	- Líquidos clasificados como subclase B <sub>2</sub> en la ITC MIE-APQ1.  - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.  - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.  - Sólidos que emiten gases inflamables.	- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.    - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
<i>C<sub>i</sub></i> = 1,60	<i>C<sub>i</sub></i> = 1,30	<i>C<sub>i</sub></i> = 1,00

*Tabla 32, Grado de peligrosidad de los combustibles. Tabla 1.1 del catalogo CEA de productos y mercancías. Del RD 2267/2004*

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 2.1.1 Para la Nave Industrial

Todos los productos que se almacenan en el almacén, tienen un punto de inflamación superior a los 100 °C, por lo que toma un valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad bajo  $C_i = 1$ .

Datos de los productos (Tabla 33, Coeficientes y poderes caloríficos de las sustancias inflamables):

Sustancia inflamable	Temperatura de auto ignición	Clasificación de productos	Coeficiente adimensional ( $C_i$ )	Poder Calorífico	
				( $q_i$ ) MJ/kg	( $q_i$ ) Mcal/kg
<b>n-hexano</b>	320°C	D	1	46	-
<b>n-pentano</b>	330°C	D	1	50,2	-
<b>Nylon 6</b>	>400°C	D	1	29,3	-

Tabla 33, Coeficientes y poderes caloríficos de las sustancias inflamables

Datos generales de la actividad:

- La superficie total del sector o establecimiento,  $A = 3605 m^2$
- El tipo de actividad es **Almacenamiento**
- He considerado una actividad industrial de producción, por si el día de mañana la actividad de la nave pasara a producción Además con dicho valor estoy de lado de la seguridad. Más concretamente: actividad de materias sintéticas, artículos de  **$Ra = 2$**
- La masa de cada uno de los combustibles  $G_i(Kg)$ , ha sido una estimación según la producción del producto en cuestión.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Productos almacenados en el almacén:

Producto	Cantidad (Kg)	Forma de almacenaje
n-hexano	11095	50 bidones (220 l)
n-pentano	98630	448 bidones (220 l)
Nylon 6	468493	281 pallets (1000 Kg)
		250 big-bag (750 Kg)

Datos de los materiales:

Id	Producto	Gi(Kg)	qi(MJ/Kg)	Ci	Parcial
1	Hexano	11095,89	46	1	510410,94
2	Pentano	98630,14	50,2	1	4951233,028
3	Poliamida	468493	29,3	1	13726844,9
				<b>TOTAL</b>	<b>19188488,868</b>

$$Q_s = \frac{19188488,868}{3605} \cdot 2 = 10645 \frac{MJ}{m^2}$$

Tras calcular la densidad de carga de fuego, también se obtiene el nivel del riesgo intrínseco de la instalación, según la *Tabla 34, Nivel de riesgo intrínseco del edificio*

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

Tabla 34, Nivel de riesgo intrínseco del edificio. Tabla 1.3 del ANEXO I del RD 2267/2004

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para conocer el nivel de riesgo intrínseco de la nave se consulta la *Tabla 33*. Sabiendo la densidad de carga de fuego, que en este caso es  $Q_s=10645 \text{ MJ/m}^2$ , se obtiene que el nivel de riesgo intrínseco es alto (7).

La condición de que el establecimiento constituya “al menos” un sector de incendio, tiene por finalidad el que no se propague un incendio al establecimiento colindante. La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio será la que se indica en la *Tabla 7, Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio*.

Por lo que, la nave tendrá que tener dos sectorizaciones, cada una de ellas menor a 2500  $\text{m}^2$ . Por lo que la primera sectorización tendría 2253,3  $\text{m}^2$ , y la segunda sectorización tendría 1351,98  $\text{m}^2$ .

## 2.2 Cálculo de carga de fuego, ponderada y corregida de dicho sector para actividades distintas al almacenamiento

### 2.2.1 Para la caseta (oficina logística)

Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento, la carga de fuego, ponderada y corregida de dicho sector, se calcula con la siguiente *Ecuación 10, Densidad de carga de fuego actividad distinta almacenamiento*:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \cdot S_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a \left[ \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \right]$$

*Ecuación 21, Densidad de carga de fuego actividad distinta almacenamiento*

Donde:

- $Q_s$ ,  $C_i$  y  $A$  tiene el mismo significado que el explicado con la actividad de almacenaje.
- $q_{si}$  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  $\text{MJ/m}^2$  o  $\text{Mcal/m}^2$ .

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

- **Si** superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, qsi diferente, en m<sup>2</sup>. Los valores de la densidad de carga de fuego media, qsi, pueden obtenerse de la tabla. 1.2 del RD 2267/2004.

Datos generales de la actividad:

- Área = 25,2 m<sup>2</sup>
- Según tabla 1.2 del RD 2267/2004; Oficinas técnicas
- qsi = 600 MJ/m<sup>2</sup>
- Ra = 1
- Ci = 1,3

$$Q_s = \frac{600 \cdot 25,2 \cdot 1,3}{25,2} \cdot 1 = 780 \left[ \frac{MJ}{m^2} \right]$$

### 2.3 Determinación de la ocupación del establecimiento industrial.

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará su ocupación, P, deducida de las siguientes Ecuación 22, Determinación de la ocupación:

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

*Ecuación 22, Determinación de la ocupación*

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

Estimación de la ocupación de la nave industrial:

- 8 personas,  $P = 1,1 \cdot 8 = 8,8 \cong 9$  **personas**

Estimación de la ocupación de la marquesina:

- 2 personas,  $P = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \cong 3$  **personas**

## 2.4 Ventilación y eliminación de humos de combustión.

El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-23 585:

Se dispondrán de sistema de evacuación de humos, los sectores con actividades de almacenamiento, con un riesgo intrínseco alto y una superficie mayor o igual a 800 m<sup>2</sup>, que es nuestro caso. Ya que el primer sector tiene una superficie de 2253,3 m<sup>2</sup>, y el segundo sector, tiene una superficie de 1351,98 m<sup>2</sup>.

### 2.4.1 *Requisitos generales de diseño y cálculo*

El objetivo de los Sistemas de Admisión de Aire y Extracción de Calor y Humos (SCTEH) es ejercer el oportuno control sobre los humos y gases de la combustión generados en los casos más desfavorables de los incendios previsibles, así como sobre la temperatura de los mismos, para alcanzar parcial o totalmente los siguientes efectos:

- Mantener las vías de evacuación libres de humos
- Facilitar las operaciones de lucha contra incendios
- Controlar la potencia térmica de los humos
- Reducir el efecto térmico sobre los elementos de la estructura
- Proteger las instalaciones
- Reducir los daños causados por los gases calientes

En esencia, un SCTEH es una instalación que dispone de un conjunto de aberturas o equipos mecánicos de extracción (ventiladores) para la evacuación de los humos y gases calientes de la combustión de un incendio y, en su caso, de aberturas de admisión de aire limpio, dimensionadas de manera que en los casos de incendios previsibles más desfavorables, se genere una capa libre de humos por encima del nivel del piso del incendio, a la par que se mantiene la temperatura media de los humos dentro de unos niveles aceptables, de modo que se mejoran las condiciones de seguridad en general.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

El funcionamiento del SCTEH contará con un funcionamiento de actuación sobre fallo seguro con alimentación de energía auxiliar.

### 2.4.2 Modelo de incendio

Para establecer el modelo de incendio se determinará, en función de los materiales presentes, la cantidad, su posición, disponibilidad de oxígeno y presencia de dispositivos de supresión de incendios (por ejemplo rociadores):

- El área de incendio ( $A_f$ )  $m^2$
- Perímetro ( $P$ ) del incendio  $m$
- Valor del calor liberado ( $q_f$ )  $kw/m^2$

#### 2.4.2.1 Requisitos a considerar para el penacho que asciende directamente desde el incendio hasta el depósito de humos. *Figura 28, Regiones de diseño para grandes espacios de volumen simple*

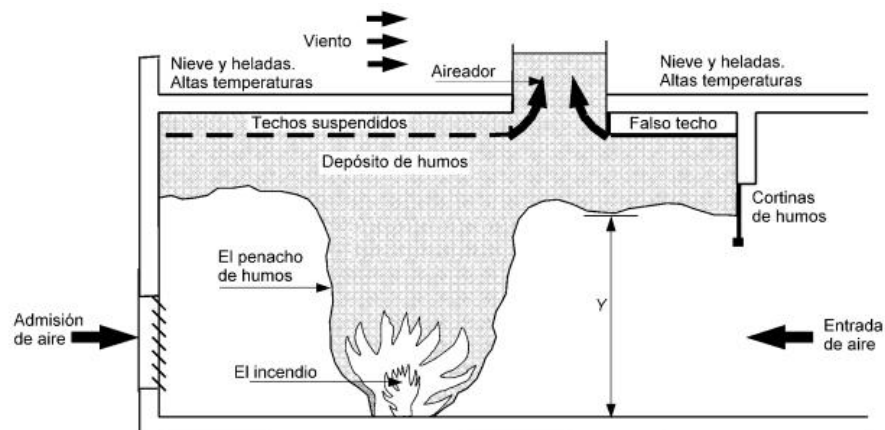


Figura 27, Regiones de diseño para grandes espacios de volumen simple. Fig. 5.1 de la UNE 23585

La altura desde el suelo a la base de la capa de humos no será menor un decimo ( $1/10$ ) ni mayor que nueve decimos ( $9/10$ ) de la altura de suelo a techo.

El flujo de calor convectivo ( $Q_f$ ) se tomará como 0,8 veces el valor del calor emitido ( $q_f \cdot A_f$ ).



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Para diseños en los que se pretende asegurar las vidas, la altura limpia de humos por encima de las vías de evacuación será al menos de 2,5 m. Según indica la *Tabla 35, Mínima altura limpia por encima de las rutas de evacuación.*

Tipo de edificio	Altura mínima (Y) m
Edificios públicos (por ejemplo centros comerciales de planta simple, vestíbulos de exposiciones)	3,0
Edificios no públicos (por ejemplo oficinas, apartamentos, prisiones)	2,5
Aparcamientos de coches	2,5 ó 0,8H (Cualquiera que sea menor)

*Tabla 35, Mínima altura limpia por encima de las rutas de evacuación. Tabla 2 de la UNE 23585*

La altura limpia de humos por encima de la parte superior de los géneros almacenados será al menos de 0,5 m.

#### 2.4.2.1.1 El depósito de humos y los aireadores

La temperatura de diseño de los gases de la capa flotante será menor de 550 °C. Cuando las vías de evacuación pasen debajo del depósito de humos será menor de 200 °C.

La temperatura de diseño de los gases de la capa flotante no será menor que 20 °C por encima de la temperatura ambiente.

El efecto de enfriamiento de los rociadores sobre los gases se incluirá en los cálculos.

La superficie máxima de cualquier depósito de humos será de 2000 m<sup>2</sup> si se instalan aireadores naturales de extracción o, 2600 m<sup>2</sup> si son mecánicos.

La máxima longitud de cualquier depósito de humos a lo largo de su eje mayor será de 60 m.

Las cortinas de humos que delimiten un depósito de humos, tendrán al menos 0,1 m más de profundidad que la capa flotante.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

Ninguna parte de un depósito de humos se extenderá más de tres veces la anchura del depósito, más allá de un aireador de toma de extracción.

#### 2.4.2.1.2 Influencias externas

En el diseño del SCTEH de un edificio, se tendrá en cuenta que está expuesto a influencias externas tales como viento, nieve, temperatura ambiente, etc....

La nieve y las bajas temperaturas exteriores (bajo cero), no intervienen en este edificio, pues en el área geográfica donde se ubica no se contemplan estas situaciones.

Si los aireadores de extracción natural están montados sobre un tejado cuya pendiente no excede de  $25^\circ$ , puede ser tratado como un tejado plano y puede considerarse que no están sometidos a sobrepresión.

#### 2.4.2.1.3 Admisión de aire

No se utilizarán en un mismo depósito aireadores naturales y mecánicos.

Cada abertura de admisión de aire de apertura automática será también capaz de ser accionada manualmente.

Todas las medidas para la provisión de aire de admisión para sistemas instalados con fines de seguridad estarán disponibles permanentemente o serán completamente automáticas, de modo que empiecen a funcionar en el mismo momento que el sistema de extracción. Tales sistemas serán operados por detección de humos.

El coeficiente de descarga  $C_i$ , se estimara en 0,6 para puertas o ventanas abiertas a través de una ángulo igual o mayor que  $60^\circ$ .

La velocidad del aire no excederá de 5 m/s.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

La distancia desde el borde superior de una abertura de admisión hasta la base de la capa de humos y por debajo de ella no será menor de 2 m.

Los sistemas diseñados para utilizar los aireadores de extracción como admisión de aire en otros depósitos de humos adyacentes garantizarán la no contaminación del aire por los humos y el calor.

#### *2.4.2.1.4 Interacción con el sistema de rociadores del edificio*

El SCTEH funcionará automáticamente por detección de humos, combinando rociadores y extracción.

En locales de riesgo alto, cualquier SCTEH que se utilice, será de activación manual desde un lugar seguro por los servicios de incendio.

Para ocupaciones o usos menores de riesgo alto y, donde pueda esperarse una atención razonablemente rápida de los servicios de incendios, y el SCTEH podrá ser de activación automática si existen rociadores de respuesta rápida. En este caso, será posible también iniciar el SCTEH manualmente.

Habrà siempre al menos montado un aireador más de los requeridos por cálculo de proyecto, el cual ignore las interacciones locales SCTEH/rociadores.

#### *2.4.3 Parámetros para el cálculo*

Los cálculos se realizan siguiendo las informaciones de los anexos informativos de la UNE 23585:2004.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 2.4.3.1 Valores por defecto de tasas de calor liberado

Para incendios con rociadores:

- $qf(low) = 250 \text{ Kw/m}^2$
- $qf(high) = 625 \text{ Kw/m}^2$

### 2.4.4 Almacén de poliamidas y química fina

La nave industrial cuenta con dos sectores de incendio, ambos sectores están destinados al almacenaje de poliamidas y química fina. El primer sector, cuenta con 53,65 m de largo, 42m de ancho y 13 m de altura. El segundo sector, cuenta con 32,19 m de largo, 42m de ancho y 13 m de altura. La superficie total que ocupa la nave industrial es de 3605,28 m<sup>2</sup>.

Las dimensiones del incendio según la Tabla 36, Dimensiones normalizadas del incendio (Almacenaje con estanterías, con rociadores) son:

- $h = 13 \text{ m.}$
- $w = 2,4 \text{ m.}$
- $x = 0,18 \cdot 13 = 2,34 \text{ m}$
- $A_f = \frac{2}{3} \cdot h \cdot (h + w) = \frac{2}{3} \cdot 13 \cdot (13 + 2,4) = 133,47 \text{ m}^2$
- $W_f = w + 4x = 2,4 + 4 \cdot 2,34 = 11,76 \text{ m}$

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

Tabla 36, Dimensiones normalizadas del incendio (Almacenaje con estanterías, con rociadores). Tabla M.1 de la UNE EN23585

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Las dimensiones del incendio, según la *Tabla 37, Dimensiones normalizadas de incendio (espacios sin almacenaje o de poca altura con estanterías)*

Categorías de usos (tabla 2)	Dimensiones del incendio	Perímetro $W_f$	Superficie $A_f$
Categoría 1	3,0 m × 3,0 m	12 m	9 m <sup>2</sup>
Categoría 2	4,5 m × 4,5 m	18 m	20 m <sup>2</sup>
Categoría 3	6,0 m × 6,0 m	24 m	36 m <sup>2</sup>
Categoría 4	9,0 m × 9,0 m	36 m	81 m <sup>2</sup>

Tabla 37, Dimensiones normalizadas de incendio (espacios sin almacenaje o de poca altura con estanterías). Tabla 3 del anexo M de la UNE EN 23585

Corresponden a la categoría “4”, pero al considerar el efecto de los rociadores, estas dimensiones se rebajan a las de la categoría “3”:

- Dimensiones = 6 x 6 m
- Perímetro ( $W_f$ ) = 24 m
- Superficie = 36 m<sup>2</sup>

La temperatura media de los gases por encima de la capa flotante de humos en el depósito se considera de 93°C, puesto que la temperatura de disparo de los rociadores es de 93°C, y la temperatura media ambiente se considera de 20°C, así que:

- $\theta = 93 - 20 = 73^\circ\text{C}$

*Ecuación 23, Valor del caudal de aire que entra dentro de un penacho ascendente de humos por encima de un incendio*, cuando el proyecto se basa en la altura libre de humos (Y) se calculará con la siguiente expresión:

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^2 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

*Ecuación 23, Valor del caudal de aire que entra dentro de un penacho ascendente de humos por encima de un incendio. Ecuación B.2 de la UNE 23585*

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Donde:

- $C_e = 0,190$  Para recintos de gran-espacio tales como auditorios, estadios, etc., donde el techo está muy por encima del incendio.
- $P$  Perímetro del incendio en metros (m). [Wf]
- $Y$  Altura desde la base del incendio hasta la capa de humos en metros (m). La altura libre de humo se establece en 8 m, altura suficiente para garantizar la visibilidad y la distancia al material almacenado en altura.

$$M_f = 0,190 \cdot 11,76 \cdot 8^{\frac{3}{2}} = 55,558 \frac{Kg}{s}$$

*Ecuación 24, Profundidad mínima de la capa del depósito* para el flujo hacia los aireadores de extracción:

$$d_1 = \left[ \frac{M_1 \cdot T_1}{\gamma \cdot \theta^{0,5} \cdot W_1} \right]^{\frac{2}{3}}$$

*Ecuación 24, Profundidad mínima de la capa del depósito. Ecuación F.2 de la UNE 23585*

Donde:

- $d_1$  Profundidad de la capa de humos que fluye en metros
- $T_1$  Temperatura absoluta de la capa de humos en grados Kelvin (K)
- $\theta$  Aumento de la temperatura de la capa de humos por encima de la de ambiente en grados Celsius (°C)
- $W_1$  Anchura del canal en metros (m)
- $\gamma$  Factor de cuelgue, 36 si está presente un dintel o cuelgue estructural en Angulo recto con el flujo; factor de cuelgue, 78 si no está presente un dintel o cuelgue estructural en Angulo recto con el flujo.
- $M_1$  Valor de la masa circulante de los gases de los humos en kilogramos por segundo (Kg/s)

$$d_1 = \left[ \frac{55,558 \cdot (273,15 + 93)}{78 \cdot 73^{0,5} \cdot 42} \right]^{\frac{2}{3}} = 0,808 \text{ m}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Superficie total de aireadores naturales de extracción de humos, según la Ecuación 25, Superficie aerodinámica total libre de aireadores necesaria se calcula como:

$$A_{vtot} \cdot C_v = \frac{M_1 \cdot T_1}{\left[ 2 \cdot \rho_{amb}^2 \cdot g \cdot d_1 \cdot \theta_1 \cdot T_{amb} - \frac{M_1^2 \cdot T_1 \cdot T_{amb}}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0,5}}$$

*Ecuación 25, Superficie aerodinámica total libre de aireadores necesaria. Ecuación F.7 de la UNE 23585*

Donde:

- $\rho_{amb}$  densidad de aire a temperatura ambiente (Kg/m<sup>3</sup>)
- $C_v$  coeficiente de descarga de un aireador natural

$$A_{vtot} \cdot C_v = A_i \cdot C_i$$

$$A_i \cdot C_i = \frac{55,558 \cdot (273,15 + 93)}{\left[ 2 \cdot 1,204^2 \cdot 9,81 \cdot 0,808 \cdot 73 \cdot (273,15 + 20) - \frac{55,558^2 \cdot (273,15 + 93) \cdot (273,15 + 20)}{[A_i \cdot C_i]^2} \right]^{0,5}}$$

Se resuelve la ecuación y se obtiene el siguiente resultado:

$$A_{vtot} \cdot C_v = A_i \cdot C_i = 23,35 \text{ m}^2$$

Ecuación 26, Valor crítico de extracción para un aireador ( $M_{crit}$ )

$$M_{crit} = \frac{2,05 \cdot \rho_{amb} \cdot [g \cdot T_{amb} \cdot \theta_1]^{0,5} \cdot d_n^2 \cdot D_v^{0,5}}{T_1}$$

*Ecuación 26, Valor crítico de extracción para un aireador. Ecuación F.10 de la UNE 23585*

Donde:

- $D_v$  dimensión lineal característica de un aireador
- $d_n$  profundidad de la capa flotante de humos debajo del punto de extracción

$$M_{crit} = \frac{2,05 \cdot 1,204 \cdot [9,81 \cdot (273,15 + 20) \cdot 73]^{0,5} \cdot 0,808^2 \cdot 2,5^{0,5}}{(273,15 + 90)} = 3,214$$

Número requerido de orificios de extracción (N):

$$N \geq \frac{M_1}{M_{crit}} = \frac{55,558}{3,214} = 17,286$$

Donde:

- $N$  número requerido de orificios de extracción

Número de aireadores, de dimensión 2,5 x 2,5 m. y  $C_i = 0,6$

- Área total =  $23,35 / 0,6 = 38,91 \text{ m}^2$
- Área aireador =  $2,5 * 2,5 = 6,25 \text{ m}^2$
- Número aireadores =  $38,91 / 6,25 = 6,22$

Considerando que debe añadirse un aireador más, por las posibles interacciones del SCTEH con los rociadores, el número total de aireadores de 2,5 x 2,5 para este depósito de humos es de **7 aireadores**, distribuidos según se refleja en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

La activación de estos sistemas, se realizará de forma automática mediante sistema de detección de humos, teniendo en cuenta lo dispuesto en el anexo K.3.1 de la UNE 23585. Además, podrán activarse de forma manual.

## 2.5 Tipo y disposición de los detectores automáticos

El diseño y ejecución de los sistemas de detección automáticos se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-23007-14:

El tipo de detector se elige en función de las características del local a proteger y el tipo de combustible.



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

En los locales protegidos por sistemas automáticos de detección de incendio, la división de los locales en zonas de detección debe cumplir que la superficie construida de una única zona no debe ser mayor de 1600 m<sup>2</sup>.

Si la zona se extiende más allá de un solo sector de incendio, los límites de la zona deben ser límites de los sectores de incendio y la superficie de la zona no debe ser mayor de 400m<sup>2</sup>.

Para los locales de gran superficie y cubiertas altas (13m que es nuestra altura de cumbrera), se eligen los detectores de humos lineales de haz, ya que son especialmente adecuados para utilizarlos cuando el humo puede haberse dispersado por una gran superficie antes de la detección y pueden ser la única forma de detector de humo admisible debajo de techos altos, como es este caso.

La distribución de estos detectores se hará según lo indicado en la Tabla 38, Distribución de detectores lineales de haz óptico:

Tipo de detector	Altura del local (m)	A (m)	S máxima (m <sup>2</sup> )	D <sub>v</sub> (m) ≤ 20°	D <sub>v</sub> (m) > 20°
UNE-EN 54-12	$h \leq 6$	12	1 600	0,3 a 0,5	0,3 a 0,5
UNE-EN 54-12	$6 < h \leq 12$	13	1 600	0,4 a 0,6	0,5 a 0,8
UNE-EN 54-12	$12 < h \leq 25$	15	1 600	0,4 a 0,6	0,5 a 0,8

donde

A distancia entre dos barreras contiguas;

D<sub>v</sub> distancia vertical desde el eje del haz al techo.

Tabla 38, Distribución de detectores lineales de haz óptico. Tabla A.3 de la UNE EN 23007-14

Este tipo de detectores, constan de un elemento emisor-receptor y otro elemento reflector, por lo que se opta por instalar un dispositivo entre cada dos pórticos consecutivos de la nave, de forma que el haz infrarrojo cubra la anchura total del local, y cumpla las distancias marcadas en la Tabla 38:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

- **D**=Distancia cubierta por el haz = 42 m < 100 m
- **A**(Distancia entre dos barreras contiguas)< 15 m
- **Dv** (Distancia vertical desde el eje del haz y el techo) = 0,5 m

$$\text{Número de detectores teóricos} = \frac{42m}{15} = 2,8 \quad \text{Ecuación 27, Número de detectores}$$

Al no ser posible la ubicación de 2.8 detectores Ecuación 7, Número de detectores, se instalan un total de 3 detectores, con lo que quedara entre ellos una distancia menor que la requerida por la reglamentación Ecuación 17.

$$\text{Número de detectores teóricos} = \frac{42m}{3} = 14m \quad \text{Ecuación 28, Distancia entre detectores}$$

En total en cada sector hay 3 detectores infrarrojos en cada sector, es decir, hay un total de 6 detectores en toda la nave, a una altura del techo de 0,5m.

La disposición de los detectores de humos a instalar se refleja en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

## 2.6 Sistemas de rociadores automáticos de agua

Se requiere sistema de rociadores automáticos de agua en ambos sectores de la nave industrial. Su diseño se realizará según lo establecido en la Norma UNE-EN 12845.

### 2.6.1 Clasificación de usos y clases de riesgo

Ambos sectores de la nave industrial, que pertenecen al almacén de poliamidas y química fina, se clasifica como:

- Según la tabla B.2: Factor del material 3
- Según la tabla B.1: Materiales en bloques sólidos (Categoría II)
- Según la tabla C.1: Celulosa (Categoría II)

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

- Según el apartado 6.2.3.2: Riesgo Extra de Almacenamiento categoría II (REA2)

### 2.6.2 Configuración del almacenamiento

La configuración del almacenamiento de ambos sectores de la nave industrial, que pertenece al almacén de poliamidas y química fina. Según la *Tabla 39, Limitaciones y requisitos de protección para diferentes configuraciones de almacenamiento*, es ST4 (estantería pale tizada, donde los pasillos entre filas tienen una anchura superior a 1,2 metros).

Configuración de almacenamiento	Limitaciones de distribución	Protección adicional a la de los rociadores en el techo	Notas de la tabla aplicables
ST1	El almacenamiento debe limitarse a bloques con una superficie en planta no superior a 150 m <sup>2</sup> para CIII y CIV	Ninguna	2, 3
ST2	Filas sencillas con pasillos de 2,4 m	Ninguna	2
ST3	El almacenamiento debe limitarse a bloques con una superficie en planta no superior a 150 m <sup>2</sup>	Ninguna	2
ST4	Los pasillos entre filas tienen una anchura igual o superior a 1,2 m	Se recomiendan rociadores intermedios	1, 2
	Los pasillos entre filas tienen una anchura inferior a 1,2 m	Se requieren rociadores intermedios.	1
ST5	Los pasillos que separan las filas no deben tener una anchura inferior a 1,2 m, o bien los bloques de almacenamiento no deben tener una superficie en planta de más de 150 m <sup>2</sup>	Se recomiendan rociadores intermedios	1, 2
ST6	Los pasillos que separan las filas no deben tener una anchura inferior a 1,2 m, o bien los bloques de almacenamiento no deben tener una superficie en planta de más de 150 m <sup>2</sup>	Se requieren rociadores intermedios o, si esto es imposible, se deben instalar mamparas verticales, longitudinal y transversalmente en toda la altura de cada estante. Dichas mamparas deben ser de Euroclase A1 o A2 o su equivalente en la clasificación nacional	1, 2
NOTA 1 – Cuando la separación con el techo es superior a 4 m, se deben utilizar niveles intermedios de rociadores en los estantes.			
NOTA 2 – Los pasillos que separan los bloques de almacenamiento no deben tener una anchura inferior a 2,4 m.			
NOTA 3 – Ningún bloque de almacenamiento debe tener una superficie en planta superior a 150 m <sup>2</sup> para CI y CII.			

Tabla 39, Limitaciones y requisitos de protección para diferentes configuraciones de almacenamiento. Tabla 2 de la UNE EN 12845

### 2.6.3 Criterios de diseño hidráulicos

Se opta por realizar una instalación mojada.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Los abastecimientos de agua deben ser capaces de suministrar automáticamente las condiciones mínimas requeridas de presión y caudal del sistema. Para este caso en concreto, riesgo extra de almacenamiento (REA) debe de tener un abastecimiento de agua con una capacidad suficiente para una duración mínima de 90 min.

La presión mínima de cualquier rociador en funcionamiento del tipo REP y REA debe ser de 0,5 bar, y para los rociadores intermedios 2,0 bar.

La máxima presión de agua no debe ser superior a 12 bar en los rociadores, así como en elementos de la instalación como válvulas, detectores de flujo, juntas mecánicas de cierre, etc....

Para las configuraciones REA2 y configuración de almacenamiento ST4, se recomiendan rociadores intermedios en cada estante.

Para la clase de riesgo REA2, según la *Tabla 40, Criterios de diseño para rociadores de techo donde existen rociadores intermedios*:

- ST4, estanterías paletizadas
- Densidad de diseño  $12,5 \frac{mm}{min}$ , que equivalen a  $12,5 \frac{l}{m^2}$
- Área de operación  $260 m^2$ .

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

NOTA 1 – La distancia vertical desde el nivel más alto de rociadores intermedios hasta la parte superior del almacenamiento.

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 en un 25%.

Tabla 40, Criterios de diseño para rociadores de techo donde existen rociadores intermedios. Tabla 5 de la UNE EN 12845

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 2.6.4 Tipo y tamaño de instalación

La superficie máxima controlada por un solo puesto de control mojado, incluyendo los rociadores en la extensión subsidiaria, si la hay, no debe superar según la *Tabla 41, Superficie máxima protegida en instalaciones mojadas o de acción previa* los 9000 m<sup>2</sup>, para la clase de riesgo extra (RE).

Clase de riesgo	Superficie máxima protegida por puesto de control m <sup>2</sup>
RL	10 000
RO, incluyendo los rociadores de RL, si los hay	12 000, excepto tal como se permite en los anexos D y F
RE, incluyendo los rociadores de RO y RL, si los hay	9 000

Tabla 41, Superficie máxima protegida en instalaciones mojadas o de acción previa. Tabla 17UNE EN 12845

### 2.6.5 Distribución y situación de rociadores

Se debe mantener siempre un espacio libre debajo del deflector de rociadores de techo no inferior a 1 m. para las clases de riesgo extra proceso (REP) y riesgo extra almacenamiento (REA).

La superficie máxima de cobertura por rociador y separación máxima será conforme a la *Tabla 42, Superficie máxima y separación para rociadores (excepto de pared)* y la *Figura 29, Separación para rociadores de techo* siguientes:

Riesgo	Superficie máxima por rociador m <sup>2</sup>	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 42, Superficie máxima y separación para rociadores (excepto de pared). Tabla 19 de la UNE EN 12845

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

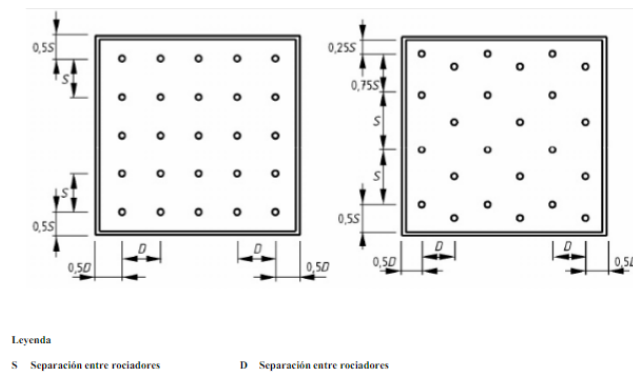


Figura 28. Separación para rociadores de techo. Fig. 8 de la UNE EN 12845

La separación mínima entre rociadores será de 2 m, excepto en rociadores intermedios en estanterías.

La separación máxima entre paredes o tabiques y rociadores será de 1,5; por estar las vigas del techo expuestas por debajo del techo.

Los rociadores no deben instalarse a más de 0,3 m bajo la parte inferior de los techos combustibles ni a más de 0,45 m bajo los techos de Euroclase A1 o A2 o su equivalente en los sistemas de clasificación nacionales.

Los rociadores se instalarán directamente debajo o encima de la cercha cuando su anchura no sea superior a 0,2 m.

Las estanterías de almacenaje en el sector 1 y 2 de la nave industrial, corresponden a estantes abiertos ST4 (según figura 3 y tabla 2 de la UNE EN 12845), el sector 1 está compuesto por 14 filas de 7.5 m de de altura y por columnas de 2.5 m de anchura. En el sector 2 está compuesto por 8 filas de 7.5 m de de altura y por columnas de 2.5 m de anchura

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

La distribución de los rociadores intermedios en las estanterías de almacenaje para la clase de riesgo REA2 será la siguiente, las estanterías de fila doble con una anchura no superior a 3,2 m deben disponer de rociadores en el centro de la chimenea longitudinal, así como en los extremos de los estantes y en los niveles indicados en las figuras 13 y 14 de la UNE EN 12845.

Para saber el número total de rociadores teóricos se divide la superficie total de la zona con la superficie máxima de cada rociador, *Ecuación 31*.

$$N^{\circ} \text{ total de rociadores teóricico} = \frac{\text{Superficie total}}{\text{Superficie rociador}} \quad \text{Ecuación 29, Número total de rociadores teóricico}$$

$$N^{\circ} \text{ total de rociadores teóricico} = \frac{3605,28m^2}{9m^2} = 400,58 \text{ rociadores}$$

Al no poder instalar 400,58 rociadores, se toma una cantidad siempre por encima del resultado y número par, con lo que se puede decir que se tienen un total de 402 rociadores.

La distancia del primer y último ramal a la pared es por lo tanto de 1,85 m y la distancia del primer y último rociador a la pared es de 1,85 m.

La separación máxima entre rociadores no debe ser superior a 3,7 m y se ha decidido poner los ramales paralelos a las estanterías, con lo que para saber el número total de ramales se dividirá la anchura la zona con la distancia máxima entre rociadores (*Ecuación 32*).

$$N^{\circ} \text{ total de ramales} = \frac{\text{Longitud}}{\text{Separación máx.}} \quad \text{Ecuación 30, Número total de ramales}$$

$$N^{\circ} \text{ total de ramales}_{\text{Sector1}} = \frac{49,55}{3,7} = 13,39 \text{ ramales}$$

$$N^{\circ} \text{ total de ramales}_{\text{Sector2}} = \frac{28,09}{3,7} = 7,59 \text{ ramales}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

Al no poder instalarse tal cantidad de ramales, como se ha hecho en casos anteriores, se coge el número entero más próximo y siempre por encima del resultado, para el sector 1 tendrá 14 ramales y el sector 2 tendrá 8 ramales.

Teniendo el número entero de ramales y al ser mayor que el resultado, se vuelve a dividir la anchura de la zona con el nuevo número de ramales para saber de esta forma la distancia real entre ramales (*Ecuación 33*).

$$\text{Distancia entre ramales real} = \frac{\text{Longitud sector}}{\text{Ramales por sector}} \quad \text{Ecuación 31, Distancia entre ramales real}$$

$$\text{Distancia entre ramales real}_{\text{Sector1}} = \frac{49,55}{(14 \text{ ramales} - 1)} = 3,81m$$

$$\text{Distancia entre ramales real}_{\text{Sector2}} = \frac{28,09}{(8 \text{ ramales} - 1)} = 4,01m$$

Una vez conocidos la distancia real entre rociadores y la superficie máxima de este se puede saber la distancia entre ellos a lo largo del ramal (*Ecuación 34*).

$$\text{Distancia entre rociadores} = \frac{\text{Separación máx por rociador}}{\text{Distancia entre ramales real}} \quad \text{Ecuación 32, Distancia entre rociadores}$$

$$\text{Distancia entre rociadores}_{\text{Sector1}} = \frac{9 \text{ m}^2}{3,81m} = 2,36m$$

$$\text{Distancia entre rociadores}_{\text{Sector2}} = \frac{9 \text{ m}^2}{4,01m} = 2,24m$$

El número de rociadores se obtiene dividiendo la distancia del local con la distancia entre rociadores (*Ecuación 35*).

$$\text{N}^{\circ} \text{ de rociadores por ramal} = \frac{\text{Luz}}{\text{Distancia entre rociador}} \quad \text{Ecuación 33, Número de rociadores por ramal}$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$N^{\circ} \text{ de rociadores por ramal}_{\text{Sector1}} = \frac{37,9}{2,36} = 16,059 \text{ rociadores}$$

$$N^{\circ} \text{ de rociadores por ramal}_{\text{Sector2}} = \frac{37,9}{2,24} = 16,91 \text{ rociadores}$$

Como se ha visto en casos anteriores se coge el número entero más próximo al resultado con lo que se tienen un total 17 rociadores por ramal, para ambos sectores

Al ser un número mayor de rociadores la nueva distancia real entre ellos va a cambiar.

(Ecuación 36)

$$\text{Distancia real entre rociadores} = \frac{\text{Luz}}{(N^{\circ} \text{ de rociadores por ramal} - 1)} \quad \text{Ecuación 34, Distancia real entre rociadores}$$

$$\text{Distancia real entre rociadores} = \frac{37,9}{(17 \text{ rociadores} - 1)} = 2,37 \text{ m}$$

Una vez conocidos el número de ramales de cada zona y la cantidad de rociadores que hay en cada ramal, se puede hacer el cálculo real del número de rociadores total en las zonas

(Ecuación 37).

$$N^{\circ} \text{ de rociadores total real} = (14 + 8) \text{ ramales} \cdot 17 \frac{\text{rociadores}}{\text{ramal}} = 374 \quad \text{Ecuación 35, } N^{\circ} \text{ de rociadores total real}$$

### 2.6.6 Tipos de rociadores

Los tipos de rociadores según la clase de riesgo y la densidad de diseño, serán los indicados en la Tabla 43, Tipos de rociador y factor K para diferentes clases de riesgo:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

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 intermedios en almacenamientos altos		Convencional, pulverizador o Pulverizador plano	80 ó 115

Tabla 43, Tipos de rociador y factor K para diferentes clases de riesgo. Tabla 37 de la UNE 12845:2004

Para nuestro caso, rociadores intermedios REA: convencional, pulverizador o pulverizador plano, con factor k nominal de 80 o 115.

La sensibilidad térmica, según Tabla 44, Tipos de respuesta de rociadores:

Tipo de respuesta	Intermedios en estanterías	En el techo sobre los rociadores intermedios en estanterías	Sistemas secos de acción previa tipo A	Otros
Normalizada "A"	No	Sí	Sí	Sí
Especial	No	Sí	Sí	Sí
Rápida	Sí	Sí	No	Sí

NOTA – Cuando se añaden nuevos rociadores a una instalación existente, puede ser necesario tomar en consideración el efecto de los distintos tipos de respuesta para evitar activaciones innecesarias.

Tabla 44, Tipos de respuesta de rociadores. Tabla 38 de la UNE 12845:2004

Para nuestro caso, el tipo de respuesta sería rápida, tanto para los rociadores intermedios, como para los rociadores de techo.

Los rociadores intermedios de las estanterías deben protegerse de las posibles descargas de agua de otros rociadores mediante una pantalla metálica de diámetro entre 0,075 y 0,15 m.

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

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

El caudal de cada rociador se determina con la siguiente Ecuación 38, Caudal unitario del rociador:

$$Q = K \cdot \sqrt{P} \quad \text{Ecuación 36, Caudal unitario del rociador}$$

Donde:

- **Q** Caudal en l/min.
- **K** Constante indicada en la tabla 37 de la UNE 12845:2004.
- **P** Presión en bar.

El factor elegido para los rociadores es de  $K = 80$  , y la presión de 1 bar para los rociadores de techo y 2 bar para los intermedios, por lo tanto:

$$Q = 80 \cdot \sqrt{1} = 80 \frac{l}{min}$$

$$Q = 80 \cdot \sqrt{2} = 113,14 \frac{l}{min}$$

Se deben utilizar rociadores con una temperatura de funcionamiento ligeramente superior a 30 °C por encima de la temperatura ambiente más alta prevista.

Se eligen rociadores con elemento termosensible de ampolla de color verde, y una temperatura de disparo de 93°C.

Los rociadores de techo y los intermedios serán iguales, del tipo “colgantes” , y estos últimos, no requerirán pantalla metálica de protección ya que van instalados bajo la base de las mismas estanterías, que ejerce de barrera protectora.

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 2.6.7 Dimensionamiento de tuberías

A efectos del cálculo hidráulico, se debe suponer el funcionamiento simultáneo de tres rociadores en cada nivel de rociadores intermedios hasta un máximo de tres niveles, de una estantería por tener pasillos entre ellas superiores a 2,4 m de anchura.

El diámetro mínimo de tubería será de 25 mm (1 “).

Los rociadores colgantes, no deben conectarse directamente a tubos de diámetros superiores a 80 mm.

La densidad de diseño será la siguiente:

$$4 \text{ Rociadores} \cdot 80 \frac{l}{min} = 320 \frac{l}{min}$$

Superficie máxima protegida por 4 rociadores = 36 m<sup>2</sup>.

Densidad diseño = 320/36 = 8,89 mm/min

$$\frac{320 \frac{l}{min}}{36m^2} = 8,89 \frac{mm}{min}$$

ST4 – Estantería pale tizada. Área de operación 260 m<sup>2</sup>

El caudal total teórico de demanda efectivo de agua para el sistema de rociadores automáticos será igual a la densidad de diseño de los rociadores sobre el área de operación 260 m<sup>2</sup>.

$$Q_{RA} = 12,5 \frac{l}{min \cdot m^2} \cdot 260m^2 = 3250 \frac{l}{min} = 195 \frac{m^3}{h}$$

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

### **2.6.8 Sistema de abastecimiento de agua contra incendios**

Los abastecimientos de agua deben ser capaces de suministrar automáticamente las condiciones mínimas requeridas de presión y caudal del sistema. El depósito de agua debe tener una capacidad suficiente para garantizar las siguientes duraciones: REA (Riesgo extra de almacenamiento) de 90 min.

El volumen mínimo efectivo de agua para el sistema de rociadores automáticos será igual al caudal máximo de demanda por el tiempo indicado anteriormente.

$$R_{RA} = 3250 \frac{l}{min} \cdot 90 \text{ min} = 292500l = 292,5 \text{ m}^3$$

El abastecimiento de agua será combinado, mediante un sistema de bombeo alimentado por un depósito de agua. Dicho sistema suministrará agua al sistema de hidrantes, BIES y rociadores. El volumen de agua necesario del conjunto se determinará más adelante en el apartado **2.9 Sistema de suministro conjunto de agua contra incendios**.

## **2.7 Sistemas de bocas de incendio equipadas (BIE)**

Se instalará un sistema de bocas de incendio equipadas, en los sectores de los establecimientos industriales, que están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 500 m<sup>2</sup> o superior.

Para nuestro caso se requiere instalar un sistema de bocas de incendio equipadas en los sectores 1 y 2 del establecimiento industrial y en la marquesina.

Para este proyecto en concreto, el nivel de riesgo intrínseco alto, por lo que las BIEs son:

- De tipo DN 45 mm, que viene a expresar que su diámetro nominal es de 45 mm.
- Disponen de una autonomía de la red para proporcionar un caudal de 2000 l/min durante 90 min, se permiten 3 BIEs actuando en simultaneidad.

### **2.7.1 Requerimientos de la instalación**

La presión en la boquilla no será inferior a 2 bar ni superior a 5 bar.

El caudal unitario será el correspondiente a aplicar a la presión dinámica disponible en la entrada de la BIE, cuando funcionen simultáneamente el número de BIE indicado, el factor "K" del conjunto, proporcionado por el fabricante del equipo. Los diámetros equivalentes mínimos serán de 13 mm para las BIE de 45 mm.

Las BIE se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 m de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización.

Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 m sobre el nivel del suelo.

La separación máxima entre cada BIE y su más cercana será de 50 m. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 m.

### **2.7.2 Tipo y distribución de las BIEs.**

Las BIEs serán de 45 mm en los sectores 1 y 2 de la nave industrial, quedando del lado de la seguridad. Para la marquesina también se emplearán BIEs de 45 mm.

La distribución de las BIEs, de acuerdo con lo anteriormente establecido, se refleja en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios.

### **2.7.3 Cálculo hidráulico**

El caudal mínimo se dará cuando funcionen simultáneamente 3 BIEs de las 9 BIEs de 45 mm, con una autonomía de 90 minutos con las que cuenta el almacén.

El caudal máximo de demanda efectivo de agua para el sistema de BIEs, será de:

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

$$Q_{BIEs} = 120 \frac{l}{min} \cdot 3(\text{Hidrantes funcionando simultaneamente}) = 360 \frac{l}{min} = 21,6 \frac{m^3}{h}$$

La reserva de agua con la que ha de contar para abastecer las condiciones mínimas:

$$R_{BIEs} = 360 \frac{l}{min} \cdot 90min = 32400l = 32,4m^3$$

## 2.8 Sistemas de hidrantes exteriores,

Es necesaria la instalación de un sistema de hidrantes exteriores alrededor del edificio industrial.

El número y situación de los hidrantes se determinará atendiendo las siguientes condiciones:

El radio de protección de cada hidrante es de 40 m. Al menos un hidrante tendrá una salida de 100 mm, situado a ser posible en la entrada. Se situarán al menos a 5m de distancia del límite exterior del edificio.

El caudal requerido para la instalación es de 2000 l/min, por ser una configuración del tipo C y riesgo alto. La autonomía mínima será de 90 min.

La presión mínima de servicio será de 5 bar.

Según la tabla Tabla 15, Hidrantes exteriores en función de la configuración de la zona, su superficie construida y su nivel de riesgo intrínseco, se requieren de hidrantes ya que la nave industriales ocupa una superficie (con ambos sectores) de 3605,28 m<sup>2</sup>, por lo que al ser un edificio tipo C, y la superficie mayor a 2000 m<sup>2</sup> además de tener un riesgo intrínseco alto. Por lo que se colocaran 4 hidrantes, dichos hidrantes estarán distribuidos por el perímetro del establecimiento para su protección, ubicados como se refleja en el DOCUMENTO V: PLANOS. Sistema Contra Incendios

Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliámidas y Química fina” y protección contra incendios.

### 2.8.1 Cálculo hidráulico

La instalación se realiza con tuberías y accesorios de polietileno de alta densidad.

Como se ha mencionado anteriormente, el caudal requerido es:

$$Q_H = 2000 \frac{l}{min} = 120 \frac{m^3}{h}$$

El volumen mínimo efectivo de agua para el sistema será igual al caudal máximo de demanda por el tiempo indicado anteriormente.

$$R_H = 2000 \frac{l}{min} \cdot 90min = 180000 l = 180m^3$$

## 2.9 Sistema de suministro conjunto de agua contra incendios

El caudal y reserva de agua se calcularán considerando la simultaneidad de operación que se establece:

Sistemas de BIE, de hidrantes y de rociadores automáticos [1] + [2] + [3]: Suma de caudales del 50 por ciento requerido para hidrantes ( $0,5 Q_H$ ) según tabla del apartado 6 del ANEXO III del RD 2267/2004 Necesidades de aguas para hidrantes exteriores, y el requerido para rociadores automáticos ( $Q_{RA}$ ). Suma del 50 % de la reserva de agua necesaria para hidrantes ( $0,5R_H$ ) y la necesaria para rociadores automáticos ( $R_{RA}$ ).

$$Q_T = CAUDAL_{TOTAL} = 0,5 \cdot (Q_H) + Q_{RA}$$

$$Q_T = CAUDAL_{TOTAL} = 0,5 \cdot \left(120 \frac{m^3}{h}\right) + 195,5 \frac{m^3}{h} = 255 \frac{m^3}{h} = 4250 \frac{l}{min}$$

$$R_T = RESERVA_{TOTAL} = 0,5 \cdot (R_H) + R_{RA}$$

$$R_T = RESERVA_{TOTAL} = 0,5 \cdot (180m^3) + 292,5m^3 = 382,5m^3 = 382500l$$



Diseño y Cálculo de la estructura de una nave industrial empleada como almacén de “Poliamidas y Química fina” y protección contra incendios.

## 2.10 Uso administrativo

### 2.10.1 Cálculo de la ocupación

Para calcular la ocupación deben tomarse los valores de densidad de ocupación que se indican en la tabla 2.1 del CTE DB-SI 3 (*Tabla 45, Densidad de ocupación*), en función de la superficie útil de cada zona. En este caso, para la zona administrativa (Caseta) se tiene:

<b>Administrativo</b>	Plantas o zonas de oficinas	<b>10 (m<sup>2</sup>/persona)</b>
	Vestíbulos generales	<b>2 (m<sup>2</sup>/persona)</b>

*Tabla 45, Densidades de ocupación. Tabla 2.1 de la Sección SI 3, del DB-SI*

Por lo tanto la ocupación en la oficina logística será:

- Superficie útil = 25,2 m<sup>2</sup>
- Nº de personas = Superficie útil / 10= 2 personas



# **DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES**



## **INDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES:**

1.	INTRODUCCIÓN .....	399
2.	PLIEGO DE CONDICIONES DE LA OBRA CIVIL .....	399
2.1	Condiciones generales .....	399
2.1.1	Objeto del pliego de condiciones.....	399
2.1.2	Contrato de la obra .....	399
2.1.3	Documentación del contrato de obra .....	399
2.1.4	Reglamentación urbanística .....	400
2.1.5	Formalización del Contrato de Obra .....	400
2.1.6	Jurisdicción competente .....	401
2.1.7	Responsabilidad del Contratista.....	401
2.1.8	Accidentes de trabajo.....	401
2.1.9	Daños y perjuicios a terceros .....	402
2.1.10	Copia de documentos.....	402
2.1.11	Suministro de materiales .....	402
2.1.12	Causas de rescisión del contrato de obra .....	402
2.1.13	Omisiones: Buena fe.....	403
2.2	Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.....	404
2.2.1	Accesos y vallados .....	404
2.2.2	Replanteo .....	404
2.2.3	Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos .....	404
2.2.4	Orden de los trabajos .....	405
2.2.5	Facilidades para otros contratistas .....	405
2.2.6	Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor .....	405
2.2.7	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto.....	405

2.2.8	Prorroga por causa de fuerza mayor.....	406
2.2.9	Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra.....	406
2.2.10	Trabajos defectuosos .....	406
2.2.11	Vicios ocultos.....	407
2.2.12	Procedencia de materiales, aparatos y equipos .....	407
2.2.13	Presentación de muestras.....	408
2.2.14	Materiales, aparatos y equipos defectuosos .....	408
2.2.15	Gastos ocasionados por pruebas y ensayos.....	408
2.2.16	Limpieza de las obras .....	408
2.3	Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas .....	409
2.3.1	Consideraciones de carácter general .....	409
2.3.2	Recepción provisional .....	409
2.3.3	Documentación final de la obra .....	410
2.3.4	Medición definitiva y liquidación provisional de la obra .....	410
2.3.5	Plazo de garantía .....	410
2.3.6	Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	410
2.3.7	Recepción definitiva .....	411
2.3.8	Prórroga del plazo de garantía .....	411
2.4	Pliego de condiciones facultativas .....	411
2.4.1	Definición y atribuciones de los agentes de la edificación .....	411
2.4.1.1	Concepto .....	411
2.4.1.2	El Promotor .....	411
2.4.1.3	El Proyectista .....	412
2.4.1.4	El Constructor.....	412
2.4.1.5	El Director de obra .....	412

2.4.1.6	El Director de la ejecución de la obra.....	412
2.4.1.7	La Dirección Facultativa.....	412
2.4.1.8	Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación .....	413
2.4.1.9	Los suministradores de productos .....	413
2.4.1.10	Los propietarios y los usuarios .....	413
2.4.1.11	Documentación final de obra: Libro del Edificio .....	413
2.5	Pliego de condiciones económicas.....	414
2.5.1	Definición .....	414
2.5.2	Contrato de obra .....	414
2.5.3	Criterio General .....	415
2.5.4	Fianzas .....	415
2.5.4.1	Ejecución de trabajos con cargo a la fianza .....	415
2.5.4.2	Devolución de las fianzas .....	415
2.5.4.3	Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.....	416
2.5.5	De los precios .....	416
2.5.5.1	Precio básico .....	416
2.5.5.2	Precio unitario .....	416
2.5.5.3	Presupuesto de Ejecución Material (PEM).....	416
2.5.5.4	Precios contradictorios.....	417
2.5.5.5	De la revisión de los precios contratados .....	417
2.5.5.6	Acopio de materiales.....	417
2.5.6	Valoración y abono de los trabajos .....	417
2.5.6.1	Forma y plazos de abono de las obras .....	417
2.5.6.2	Relaciones valoradas y certificaciones.....	418
2.5.6.3	Mejora de obras libremente ejecutadas .....	418

2.5.6.4	Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada.....	418
2.5.6.5	Abono de trabajos especiales no contratados.....	419
2.5.6.6	Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía.....	419
2.5.7	Indemnizaciones Mutuas.....	419
2.5.7.1	Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	419
2.5.7.2	Demora de los pagos por parte del Promotor.....	420
2.5.8	Varios.....	420
2.5.8.1	Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra.....	420
2.5.8.2	Seguro de las obras.....	420
2.5.8.3	Conservación de la obra.....	420
2.5.9	Retenciones en concepto de garantía.....	420
2.5.10	Plazos de ejecución: Planning de obra.....	421
2.5.11	Liquidación económica de las obras.....	421
2.5.12	Liquidación final de la obra.....	421
2.6	Pliego de condiciones técnicas particulares.....	421
2.6.1	Prescripciones sobre los materiales.....	421
2.6.2	Garantías de calidad (Marcado CE).....	423
3.	PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.....	423
3.1	Objeto del Pliego de Condiciones.....	423
3.2	Materiales.....	424
3.2.1	Clase de los materiales constructivos.....	424
3.3	Sistemas de protección activa contra incendios.....	425
3.3.1	Sistemas de Protección Activa contra Incendios en las instalaciones clasificadas como GRUPO A.....	425
3.3.1.1	Sistemas automáticos de detección de incendio.....	426
3.3.1.2	Sistemas manuales de alarma de incendios.....	427



3.3.1.3	Sistema de hidrantes exteriores.....	428
3.3.1.4	Extintores de incendio.....	429
3.3.1.5	Sistemas de bocas de incendio equipadas (BIEs).....	432
3.3.1.6	Sistemas de extinción por rociadores automáticos de agua.....	436
3.3.1.7	Sistemas de control de humos .....	436
3.3.2	Sistemas de Protección Activa Contra Incendios en instalaciones clasificadas como GRUPO B 437	
3.3.2.1	En general.....	437
3.4	Sistemas de protección pasiva contra incendios .....	438
3.4.1	Compartimentación de sectores.....	438
3.4.1.1	Puertas cortafuegos, trampillas y conductos.....	438
3.4.2	Protección de estructuras .....	439
3.4.2.1	Pinturas intumescentes e ignifugaciones.....	439
3.5	Instalación de alumbrado de emergencia y señalización.....	440
3.6	Condiciones de mantenimiento y uso.....	442
3.6.1	Extintores móviles .....	444
3.6.2	Bocas de incendio equipadas .....	446
3.6.3	Detectores.....	447
3.6.4	Rociadores.....	447
3.6.5	Hidrantes.....	448
3.6.6	Líneas de señalización .....	448
3.6.7	Alumbrados de emergencia y señalización .....	448
3.7	Condiciones de índole administrativa.....	449
3.7.1	De los instaladores y empresas mantenedores de estas instalaciones .....	449
3.7.2	De las inspecciones periódicas de las instalaciones y medidas correctoras .....	449

3.7.3	Puesta en marcha y documentos para la puesta en marcha de la instalación contra incendios. ....	450
3.7.4	Obligaciones de la empresa instaladora / mantenedora .....	453
3.7.5	Obligaciones del titular de la instalación .....	453
3.7.6	Incompatibilidades .....	455

## **1. INTRODUCCIÓN**

Se pretende con el presente pliego de condiciones, establecer las condiciones que ha de cumplir la estructura de la nave industrial. Además de establecer las condiciones que han de cumplir los sistemas de protección contra incendios.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA OBRA CIVIL**

### **2.1 Condiciones generales**

#### ***2.1.1 Objeto del pliego de condiciones***

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### ***2.1.2 Contrato de la obra***

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

#### ***2.1.3 Documentación del contrato de obra***

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prioridad atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

Las condiciones fijadas en el contrato de obra

- El presente Pliego de Condiciones
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

#### ***2.1.4 Reglamentación urbanística***

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

#### ***2.1.5 Formalización del Contrato de Obra***

Los Contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el Contratista.

#### ***2.1.6 Jurisdicción competente***

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

#### ***2.1.7 Responsabilidad del Contratista***

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

#### ***2.1.8 Accidentes de trabajo***

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

### ***2.1.9 Daños y perjuicios a terceros***

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados...

### ***2.1.10 Copia de documentos***

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

### ***2.1.11 Suministro de materiales***

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

### ***2.1.12 Causas de rescisión del contrato de obra***

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.

- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - a) La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
  - b) Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

### ***2.1.13 Omisiones: Buena fe***

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la BUENA FE con el fin de conseguir una adecuada CALIDAD FINAL de la obra.

## **2.2 Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares**

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras, relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anejas.

### **2.2.1 Accesos y vallados**

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra.

### **2.2.2 Replanteo**

El Contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

### **2.2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos**

El Contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato. Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, al menos con tres días de antelación.



#### ***2.2.4 Orden de los trabajos***

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

#### ***2.2.5 Facilidades para otros contratistas***

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra.

#### ***2.2.6 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor***

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de la Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

#### ***2.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto***

El Contratista podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de la Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de la Obra, como del Director de Obra.

### ***2.2.8 Prorroga por causa de fuerza mayor***

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra.

### ***2.2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra***

El Contratista 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 hubiese proporcionado.

### ***2.2.10 Trabajos defectuosos***

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución.

Cuando el Director de Ejecución de la Obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista.

### ***2.2.11 Vicios ocultos***

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E.

Si el Director de Ejecución de la Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas.

### ***2.2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos***

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

#### ***2.2.13 Presentación de muestras***

A petición del Director de Obra, el Contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

#### ***2.2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos***

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de la Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen. Si, a los 15 días de recibir el Contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta de Contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine.

#### ***2.2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos***

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del Contratista.

#### ***2.2.16 Limpieza de las obras***

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores.

## **2.3 Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas**

### **2.3.1 Consideraciones de carácter general**

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

### **2.3.2 Recepción provisional**

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de la Obra al Promotor o Propiedad la proximidad de su terminación a fin de convenir el acto de la Recepción Provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Contratista, del Director de Obra y del Director de Ejecución de la Obra.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

### ***2.3.3 Documentación final de la obra***

El Director de Ejecución de la Obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al Promotor, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

### ***2.3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra***

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Director de Ejecución de la Obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del Contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Director de Obra con su firma, servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

### ***2.3.5 Plazo de garantía***

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses

### ***2.3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente***

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del Contratista.

### ***2.3.7 Recepción definitiva***

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios.

### ***2.3.8 Prórroga del plazo de garantía***

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

## **2.4 Pliego de condiciones facultativas**

### ***2.4.1 Definición y atribuciones de los agentes de la edificación***

#### ***2.4.1.1 Concepto***

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.). Son agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones vendrán determinadas por lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

#### ***2.4.1.2 El Promotor***

Será considerado promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

#### ***2.4.1.3 El Projectista***

El projectista es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

#### ***2.4.1.4 El Constructor***

El constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato.

#### ***2.4.1.5 El Director de obra***

El director de obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

#### ***2.4.1.6 El Director de la ejecución de la obra***

El director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.

#### ***2.4.1.7 La Dirección Facultativa***

La Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.



#### ***2.4.1.8 Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la edificación***

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

#### ***2.4.1.9 Los suministradores de productos***

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

#### ***2.4.1.10 Los propietarios y los usuarios***

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

#### ***2.4.1.11 Documentación final de obra: Libro del Edificio***

Una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitada al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.

## **2.5 Pliego de condiciones económicas**

### **2.5.1 Definición**

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

### **2.5.2 Contrato de obra**

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.

- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

### ***2.5.3 Criterio General***

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

### ***2.5.4 Fianzas***

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra.

#### ***2.5.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza***

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada.

#### ***2.5.4.2 Devolución de las fianzas***

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra.

#### ***2.5.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales***

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

#### ***2.5.5 De los precios***

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

##### ***2.5.5.1 Precio básico***

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

##### ***2.5.5.2 Precio unitario***

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los costes directos y los costes indirectos.

##### ***2.5.5.3 Presupuesto de Ejecución Material (PEM)***

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

#### ***2.5.5.4 Precios contradictorios***

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

#### ***2.5.5.5 De la revisión de los precios contratados***

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios. Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### ***2.5.5.6 Acopio de materiales***

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

### ***2.5.6 Valoración y abono de los trabajos***

#### ***2.5.6.1 Forma y plazos de abono de las obras***

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

#### ***2.5.6.2 Relaciones valoradas y certificaciones***

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa.

Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

#### ***2.5.6.3 Mejora de obras libremente ejecutadas***

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

#### ***2.5.6.4 Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada***

El abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

#### ***2.5.6.5 Abono de trabajos especiales no contratados***

El Contratista tendrá la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

#### ***2.5.6.6 Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía***

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

#### ***2.5.7 Indemnizaciones Mutuas***

##### ***2.5.7.1 Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras***

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

#### ***2.5.7.2 Demora de los pagos por parte del Promotor***

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

#### ***2.5.8 Varios***

##### ***2.5.8.1 Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra***

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato. .

##### ***2.5.8.2 Seguro de las obras***

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

##### ***2.5.8.3 Conservación de la obra***

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

#### ***2.5.9 Retenciones en concepto de garantía***

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA. La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra.



#### ***2.5.10 Plazos de ejecución: Planning de obra***

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

#### ***2.5.11 Liquidación económica de las obras***

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

#### ***2.5.12 Liquidación final de la obra***

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra.

### **2.6 Pliego de condiciones técnicas particulares**

#### ***2.6.1 Prescripciones sobre los materiales***

Para facilitar la labor a realizar, por parte del Director de la Ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el artículo 7.2 del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos. El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

### **2.6.2 Garantías de calidad (Marcado CE)**

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

## **3. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS**

### **3.1 Objeto del Pliego de Condiciones**

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, el cual forma parte de la documentación del presente proyecto, tiene por objeto determinar las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de la Instalación Contra Incendios, así como definir las características y calidad de los materiales y equipos a emplear.

Las dudas que se planteasen en su aplicación o interpretación serán dilucidadas por el Ingeniero-Director de la obra. Por el mero hecho de intervenir en la obra, se presupone que la empresa instaladora y las subcontratas conocen y admiten el presente Pliego de Condiciones.

Asimismo y con la finalidad de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección patrimonial y del medio ambiente, así como el establecimiento de las condiciones de seguridad de los aparatos a presión, se hace necesario que dichas instalaciones Contra Incendios se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, es decir de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural y la seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal de la instalación no suponga ningún riesgo de accidente para las personas y cumpla la finalidad para la cual es diseñada y construida.

## **3.2 Materiales**

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 el Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

### ***3.2.1 Clase de los materiales constructivos***

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado “CE”.

Las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se justificarán mediante la clase que figura en cada caso, en primer lugar, conforme a la nueva clasificación europea.

Productos de revestimientos: los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial deben ser:

- En suelos: CFL-s1, o más favorable.
- En paredes y techos: C-s3 d0, o más favorable.

Los lucernarios que no sean continuos o instalaciones para eliminación de humo que se instalen en las cubiertas serán al menos de clase D-s2d0, o más favorable.

Los materiales de revestimiento exterior de fachadas serán Cs3d0, o más favorables.

Productos incluidos en paredes y cerramientos: 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 el apartado 3.1, la capa y su revestimiento, en su conjunto, serán, como mínimo, EI 30.

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. Conforme los distintos productos deban contener con carácter obligatorio el marcado “CE”, los métodos de ensayo aplicables en cada caso serán los definidos en las normas UNE-EN y UNE-EN ISO. La clasificación será conforme con la norma UNE-EN 13501-1.

### **3.3 Sistemas de protección activa contra incendios**

#### ***3.3.1 Sistemas de Protección Activa contra Incendios en las instalaciones clasificadas como GRUPO A***

GRUPO A: instalaciones en establecimientos industriales, sujetos al cumplimiento del Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RSCIEI), siendo los almacenamientos industriales.

### ***3.3.1.1 Sistemas automáticos de detección de incendio***

#### ***3.3.1.1.1 Generalidades***

Se instalarán sistemas automáticos de detección de incendios en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen las actividades especificadas en el Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Los sistemas automáticos de detección de incendios y sus características, especificaciones, así como los métodos de ensayo se ajustarán en todo momento a la Norma UNE 23007, así como sus posteriores modificaciones.

Los detectores de incendio necesitarán, antes de su fabricación o importación, ser aprobados de acuerdo con lo indicado en el Artículo 2 del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, en el cual se expresa que el cumplimiento de las exigencias, establecidas en dicho Real Decreto, para aparatos, equipos, sistemas o sus componentes deberá justificarse, cuando así se determine, mediante certificación de organismo de control que posibilite la colocación de la correspondiente marca de conformidad a normas, justificándose, así por tanto, el cumplimiento de lo establecido en la Norma UNE 23007.

#### ***3.3.1.1.2 Detectores de humos***

Los detectores de humo responderán midiendo la densidad del humo. Cada elemento podrá responder con diferentes rangos de sensibilidad que podrán ser ajustados.

El detector de humo por rayo infrarrojo se instalará en aquellas zonas donde por la elevada altura del techo, no sean apropiados los detectores puntuales de humo. Estarán compuestos por un soporte provisto de elemento de fijación al techo, bornes de conexión y dispositivo de interconexión con el equipo captador.

El dispositivo captador será capaz de transformar la recepción de humos en señal eléctrica. Irá provisto de dispositivo graduable en función de la concentración de humo. Las características de sus componentes, así como los requisitos que han de cumplir y los métodos de ensayo de los mismos, se ajustarán a lo especificado en la Norma UNE 23007-7.

Con la finalidad de realizar las pruebas de funcionamiento de la instalación, se probará el 100% de los detectores de humo instalados. Para ello se aproximará un generador de humo con la concentración requerida.

### ***3.3.1.2 Sistemas manuales de alarma de incendios***

#### ***3.3.1.2.1 Generalidades***

Se instalarán sistemas manuales de alarma de incendios en los sectores de incendio de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen las actividades especificadas en el Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

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 los requisitos que las fuentes de alimentación de los sistemas automáticos de detección pudiendo ser la fuente secundaria común a ambos sistemas.

### *3.3.1.2.2 Pulsadores manuales de alarma*

La instalación de pulsadores de alarma tiene como finalidad la transmisión de una señal a un puesto de control, centralizado y permanentemente vigilado. Deben permitir provocar voluntariamente y transmitir una señal a la central de control y señalización, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que se ha activado el pulsador.

Los pulsadores estarán provistos de dispositivos de protección que impidan su activación involuntaria. Del tipo rotura de cristal, el cristal irá protegido mediante membrana plástica para evitar cortes en su activación.

Los pulsadores habrán de ser fácilmente visibles y la distancia a recorrer desde cualquier punto de un edificio protegido con la instalación de pulsadores, hasta alcanzar el pulsador más próximo, habrá de ser inferior a 25 m.

Con la finalidad de realizar las pruebas de funcionamiento de la instalación, se probará el 100% de los pulsadores.

### *3.3.1.3 Sistema de hidrantes exteriores*

Se instalará un sistema de hidrantes exteriores en los casos especificados en el Apartado 7 del Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, según la configuración de la zona, de la superficie del sector de incendios y del riesgo intrínseco.

El número de hidrantes exteriores que deben instalarse se determinará haciendo que se cumplan las condiciones siguientes:

- La zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 metros, medidos horizontalmente desde el emplazamiento del hidrante.
- Al menos uno de los hidrantes (situado a ser posible en la entrada) deberá tener una salida de 100 milímetros.



- La distancia entre el emplazamiento de cada hidrante y el límite exterior del edificio o zona protegidos, medida normalmente, debe ser al menos de 5 m. Si existen viales que dificultaran cumplir con estas distancias, se justificarán las realmente adoptadas.

Las necesidades de agua para los hidrantes exteriores serán las especificadas en la tabla del Apartado 7.3 contenida en el Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Los sistemas de hidrantes exteriores estarán compuestos por una fuente de abastecimiento de agua de alimentación y los hidrantes exteriores necesarios.

Los hidrantes de arqueta se ajustarán a lo establecido en la norma UNE 23407, salvo que existan especificaciones particulares de los servicios de extinción de incendios de los municipios en donde se instalen.

#### **3.3.1.4 Extintores de incendio**

El agente extintor utilizado será seleccionado de acuerdo con la tabla I-1 de apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, aprobado por RD 1942/1993, de 5 de noviembre.

La dotación de extintores del sector de incendio según la clase de fuego y según la clase de combustible existente en el sector se determinará de acuerdo con lo establecido en las Tablas 3.1 y 3.2 del Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Cuando en el sector de incendio existan combustibles clase D, se utilizarán agentes extintores de características específicas adecuadas a la naturaleza del combustible, que podrán proyectarse sobre el fuego con extintores, o medios manuales, de acuerdo con la situación y las recomendaciones particulares del fabricante del agente extintor.

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.

Los extintores de incendios 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 del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, a fin de justificar el cumplimiento de lo dispuesto en la Norma UNE 23110.

Los extintores manuales a emplear, estarán timbrados e irán acompañados de los correspondientes boletines, así como de un certificado de que la casa suministradora está debidamente autorizada y que cuenta con los medios necesarios para la revisión y recarga de los mismos.

De igual manera, los extintores irán provistos de una placa de diseño que llevará grabado los siguientes datos:

- Presión de diseño.
- Nº de placa de diseño que se aplique a cada aparato.
- Fecha de la primera y sucesivas pruebas y marca de quien las realiza.

Todos los extintores irán, además, provistos de una etiqueta de características, que deberán contener como mínimo los siguientes datos:

- Nombre o razón social del fabricante o importador que ha registrado el tipo al que corresponde el extintor.
- Temperatura máxima y mínima de servicio.
- Productos contenidos y cantidad de los mismos.
- Eficacia, para extintores portátiles, de acuerdo con la Norma UNE 23110.
- Tipos de fuego para los que no deben utilizarse el extintor.
- Instrucciones de empleo.
- Fecha y contraseña correspondiente al registro de tipo.

La placa de diseño y la etiqueta estarán redactadas al menos en castellano.

El emplazamiento de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, no entorpeciendo en ningún momento las vías de evacuación, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse incendio, a ser posible próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados o paramentos verticales, mediante dos puntos como mínimo y mediante tacos y tornillos, de modo que la parte superior del extintor quede, como máximo, a 1.70 metros sobre el suelo.

Los expuestos a la intemperie, deberán ir protegidos por urnas u hornacinas.

Se considerarán adecuados, para cada una de las clases de fuego, según la UNE-EN 2, los agentes extintores utilizados en extintores, que figuran en la *Tabla 46, Tipos de agentes extintores según la clase de fuego.*

AGENTE EXTINTOR	Clase de fuego según Norma UNE 23110			
	A Sólidos	B Líquidos	C Gases	D Metales especiales
Agua pulverizada.	XXX <sup>(2)</sup>	X		
Agua a chorro.	XX <sup>(2)</sup>			
Polvo BC (convencional).		XXX	XX	
Polvo ABC (polivalente).	XX	XX	XX	
Polvo específico metales.				XX
Espuma física	XX <sup>(2)</sup>	XX		
Anhidrido carbónico.	X <sup>(1)</sup>	X		
Hidrocarburos halogenados.	X <sup>(1)</sup>	XX		

XXX - Muy adecuado. XX - Adecuado. - X - Aceptable

**NOTAS:**

<sup>(1)</sup> En fuegos poco profundos (profundidad inferior a 5 mm) puede asignarse XX.

<sup>(2)</sup> En presencia de tensión eléctrica no son aceptables como agentes extintores el agua a chorro, ni la espuma. El resto de los agentes extintores podrán utilizarse en aquellos extintores que superen el ensayo dieléctrico normalizado en la UNE 23110.

Tabla 46, Tipos de agentes extintores según la clase de fuego. Según la UNE-EN 2

Las características criterios de calidad y ensayos de los extintores se ajustarán a lo especificado en el Reglamento de Aparatos a Presión, así como a las Normas UNE 23026, UNE 23110.

### **3.3.1.5 Sistemas de bocas de incendio equipadas (BIEs)**

Se instalarán sistemas de bocas de incendio equipadas en los sectores de incendio de los establecimientos industriales en los casos especificados en el Apartado 9 del Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

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 de la Tabla 16, Necesidades de agua para hidrantes exteriores. Anexo III del punto 7.3 RD 2267/2004 de este proyecto.

El caudal unitario será el correspondiente a 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.

Los sistemas de bocas de incendio equipadas estarán compuestos por una fuente de abastecimiento de agua, una red de tuberías para la alimentación de agua y las bocas de incendio equipadas (BIE) necesarias. Las bocas de incendio equipadas deben ser del tipo BIE de 45 mm.

Las bocas de incendio equipadas deberán, antes de su fabricación o importación, ser aprobadas de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 2 del R.D. 1942/1993, de 5 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, justificándose por lo tanto el cumplimiento de lo establecido en la Normas UNE-EN 671-1 y UNE-EN 671-2.

Igualmente deberán ajustarse a las Reglas Técnicas de CEPREVEN para Instalaciones de bocas de incendios equipadas R.T.2-BIE.

Los elementos que componen la boca de incendio equipada estarán alojados en un armario de dimensiones suficientes para permitir la extensión rápida y eficaz de la manguera.

Las mangueras serán de tejido sintético con revestimiento interior y estanco a una prueba de 15 kg/cm<sup>2</sup>. Las lanzas serán de tres efectos, con válvula de apertura y cierre. La presión mínima en el orificio de salida será de 3,5 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que en el manómetro deberá de disponerse de una presión mínima de 4 kg/cm<sup>2</sup>. Los racores serán del tipo Barcelona.

Las bocas de incendio equipadas deberán montarse sobre un soporte rígido de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 metros sobre el nivel del suelo, siempre que la boquilla y la válvula de apertura manual, estarán situadas a la altura citada.

Las bocas de incendio equipadas se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 metros de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización, no entorpeciendo el paso y se protegiendo los ángulos y aristas vivas.

El número y distribución de las bocas de incendio equipadas en un sector de incendio, en espacio diáfano, será tal que la totalidad de la superficie del sector de incendios en que estén instaladas quede cubierta por una boca de incendio equipada, considerando como radio de acción de ésta la longitud de su manguera, incrementada en 5 metros.

La separación máxima entre cada boca de incendio equipada y su más cercana será de 50 metros. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la boca de incendio equipada más próxima no deberá de exceder de 25 metros.

Se deberá de mantener alrededor de cada boca de incendio equipada una zona libre de obstáculos que permitan el acceso a ella y su maniobra sin dificultad alguna.

La red de tuberías deberá proporcionar, durante una hora y media, en la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las tres bocas de incendio hidráulicamente más desfavorables, una presión hidráulica de 2 bar en el orificio de salida de cualquier boca equipada de incendio. Esta deberá ser protegida de la corrosión.

Las tuberías empleadas en la instalación contra incendios se ajustarán a la Norma DIN 2440 de tuberías de acero estirado sin soldadura hasta D.N. 2” y DIN 2448 para D.N. superiores.

Las uniones serán roscadas hasta un diámetro de 80 mm. Se garantizarán el anclaje de las tuberías de tal manera que queden exentas de desplazamientos laterales y que no transmitan vibraciones. Los dispositivos de anclaje estarán homologados por un laboratorio de reconocida solvencia o al menos serán aprobados por el Ingeniero Director, presentando la resistencia adecuada a las cargas a soportar.

En las juntas de dilatación del edificio se adoptarán los mecanismos elásticos necesarios en las tuberías que garanticen su integridad y perfecto funcionamiento siendo responsabilidad del Contratista de tales extremos.

Todos los accesorios tales como válvulas, puestos de control, equipos, etc. serán fácilmente accesibles para su inspección, reparación y operaciones de mantenimiento pertinente, así como su sustitución sin necesidad de alterar el resto de la instalación.

Los cambios de dirección o de sección se harán mediante accesorios estándar, admitiéndose piezas curvadas, mientras no se produzcan deformaciones inadmisibles.

Si la tubería ha de enterrarse en algún tramo, se realizará por canaleta registrable y apoyada sobre lecho de arena lavada y totalmente protegida contra la corrosión.

Las zonas mecanizadas de la tubería se protegerán especialmente de la corrosión mediante imprimaciones, pinturas, etc.

Durante la ejecución de la obra se taponarán todos los huecos de tuberías para evitar el paso de cuerpos extraños, insectos y animales.

El equipo manguera se dispondrá en un hueco de 25 cm de profundidad, situado a 120 cm del pavimento. Para su instalación, se roscará la válvula de globo al tubo previa preparación de éste con minio y estopa, pastas o cintas y se fijarán al paramento los soportes de devanadera y lanza.

Los paramentos del hueco se enfoscarán con mortero de cemento P-350 y arena limpia con dosificación 1:5.

La tapa de hidrantes interiores serán de dimensiones 80 x 60 cm y conteniendo vidrio estirado a 3 mm de espesor, con escotaduras triangulares en ángulos opuestos e inscripción indeleble en rojo: “Rómpase en caso de Incendio”.

Las condiciones establecidas de presión, caudal y reserva de agua deberán estar adecuadamente garantizadas.

El sistema de boca de incendio equipada se someterá antes de la puesta en servicio, a una prueba de estanqueidad y resistencia mecánica, sometiendo a la red a una presión estática igual a la máxima de servicio y como mínimo a 980 kPa (10 Kg/cm<sup>2</sup>), manteniendo dicha presión de prueba durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación. Se certificará que las pérdidas de cargas en la manguera no sobrepasan los 0,5 kg/cm<sup>2</sup> por cada 15 m.

Igualmente, se verificará que en la boca de incendio equipada más desfavorable hidráulicamente, la presión existente no sea menor de 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>

### ***3.3.1.6 Sistemas de extinción por rociadores automáticos de agua***

Se instalarán sistemas de rociadores automáticos de agua en los sectores de incendios de los establecimientos industriales cuando en ellos se desarrollen las actividades especificadas en el Apartado 11 del Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Los sistemas de rociadores automáticos de agua, sus características y especificaciones, así como las condiciones de su instalación se ajustarán a las siguientes Normas UNE 23590, UNE-EN 12259

### ***3.3.1.7 Sistemas de control de humos***

Se deberá instalar un sistema de control del humo de incendio capaz de garantizar dicho control durante la evacuación de los ocupantes, de forma que ésta se pueda llevar a cabo en condiciones de seguridad.

El diseño, cálculo, instalación y mantenimiento del sistema pueden realizarse de acuerdo con las normas UNE 23585:2004 (de la cual no debe tomarse en consideración la exclusión de los sistemas de evacuación mecánica o forzada que se expresa en el último párrafo de su apartado “0.3 Aplicaciones”) y UNE EN 12101-6:2005.

#### ***3.3.1.7.1 Aireadores***

Empleados para la evacuación natural en poco tiempo de grandes volúmenes de aire caliente, gases y humos de incendio sin consumo de energía.

Estarán contruidos en aleación de aluminio AIMg3, para una protección permanente contra la corrosión y diseñados para un comportamiento adecuado a su función ante el humo y la mayoría de los agentes químicos. Dispondrá de un sistema de desagües que garantice la estanqueidad absoluta de la unidad y su accionamiento se realizará por servomotor electrónico (24 V - 220 V) y mecanismo por cable.



Los aireadores podrán asimismo ser de lamas laterales y superiores antilluvia con diseño especial para garantizar una ventilación en continuo, dotada de un doble juego de lamas: lamas principales y lamas laterales. En caso de lluvia las lamas principales cierran abriendo las lamas laterales. Las lamas principales podrán ser translúcidas pudiendo tener prestaciones adicionales de iluminación cenital.

También podrán ser de compuerta y de tipo estático montados en fachada y en ventana, donde los mecanismos de apertura y cierre se encuentran ocultos en el propio bastidor del aireador, sirviendo tanto para ventilación diaria como para ventilación en caso de incendio.

### ***3.3.2 Sistemas de Protección Activa Contra Incendios en instalaciones clasificadas como GRUPO B***

Instalaciones en edificios o establecimientos sujetos al cumplimiento del CTE, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y al Documento Básico SI “Seguridad en caso de Incendios” (DB-SI), atendiendo a la clasificación de dicha Norma: los de uso administrativo.

#### ***3.3.2.1 En general***

##### ***3.3.2.1.1 Extintores portátiles***

Uno de eficacia 21A -113B:

- Cada 15 m de recorrido en cada planta, como máximo, desde todo origen de evacuación.
- En las zonas de riesgo especial conforme al capítulo 2 de la Sección 1 del Documento CTE-DB.

##### ***3.3.2.1.2 Sistema de detección de incendio***

Si la superficie construida excede de 2.000 m<sup>2</sup>, detectores en zonas de riesgo alto conforme al capítulo 2 de la Sección 1 de este DB. Si excede de 5.000 m<sup>2</sup>, en todo el edificio.

### 3.4 Sistemas de protección pasiva contra incendios

#### 3.4.1 *Compartimentación de sectores*

##### 3.4.1.1 *Puertas cortafuegos, trampillas y conductos*

En general, todas las puertas cortafuegos, las metálicas se ajustarán a la UNE-EN 16341:2000. Se presentarán certificados de ensayos por un laboratorio oficialmente homologado y acreditado.

Por aplicación de Código Técnico de la Edificación (CTE) no se permitirá, bajo ninguna circunstancia, el suministro y colocación, en el presente proyecto, de puertas resistente al fuego obtenida mediante un ensayo realizado conforme a la norma UNE 23802-79, siendo solamente válidas la colocación de puertas ensayadas y clasificadas como EIt C5 , conforme las normas UNE-EN 1634-1:2000 y UNE-EN 13501-2:2004.

Las características de las puertas serán las que se establezcan en la memoria del presente proyecto, planos y exigencias de la normativa.

Durante la ejecución de las mismas, se cuidará la perfecta verticalidad de marcos y bastidores. Todas las puertas a las que se exija cierre permanente o automático se les someterá a la prueba consistente en abrir la puerta hasta un ángulo de 60º respecto de su posición de cerrado y se le soltará debiendo recuperar su posición de cerrado, quedando totalmente estanca.

Las puertas irán provistas de juntas intumescentes que garanticen la absoluta estanqueidad.

En las puertas resistentes al fuego que se instalen en las obras, los elementos que figuran en la Tabla 39, Tabla de obligatoriedad del marcado CE de conformidad con sus normas respectivas, desde las fechas que se indican:

Elemento	Marcado CE DE CONFORMIDAD	
	s/Norma	Fecha
<b>Dispositivos de apertura mediante manilla o pulsador</b>	UNE-EN 179:2003 VC1	1-4-2003
<b>Dispositivos de apertura mediante barra horizontal</b>	UNE-EN 1125:2003 VC1	
<b>Bisagras</b>	UNE-EN 1935:2002	1-12-2003
<b>Dispositivo de cierre contralado (cierrapuertas)</b>	UNE-EN 1154:2003	1-10-2004
<b>Dispositivo de coordinación del cierre de las puertas</b>	UNE-EN 1158:2003	
<b>Dispositivo de retención electromagnética</b>	UNE-EN 1155:2003	
<b>Cerraduras</b>	UNE-EN 12209:2004	1-6-2006

*Tabla 47, Tabla de obligatoriedad del marcado CE de conformidad con sus normas respectivas*

### **3.4.2 Protección de estructuras**

#### **3.4.2.1 Pinturas intumescentes e ignifugaciones.**

Todas las pinturas ignífugas e intumescentes acreditarán su reacción al fuego, intumescencia y estabilidad al chorro de agua, mediante certificado de ensayo según Normas UNE 23727:1990, UNE 23806 y UNE-EN 1363.

La documentación técnica de la pintura acreditará el tiempo por el cual se protege la estructura. Los productos para la protección de estructuras metálicas estarán constituidos por lanas de roca volcánica, aglomeradas con ligantes de tipo sintético.

Asimismo, el Contratista que coloque dichos materiales, acreditará por escrito al Ingeniero-Director que los materiales se han colocado según las condiciones indicadas en el certificado de ensayo antes mencionado.

Antes de su aplicación, todas las superficies se limpiarán meticulosamente a los efectos de que queden exentas de residuos, polvos, cuerpos extraños, materias grasas.

Los elementos estructurales de acero que sean protegidos mediante pinturas intumescentes no deben presentar formaciones de calamina o de óxido; por lo que se prepararán convenientemente mediante chorro de arena o granalla. Las posibles manchas de materias grasas se eliminarán con un disolvente adecuado antes de la aplicación.

Para su aplicación se seguirán las instrucciones del fabricante en función de la naturaleza del soporte y del acabado.

### **3.5 Instalación de alumbrado de emergencia y señalización**

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, 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:

- a) 210 x 210 mm cuando la distancia de observación de la señal no exceda de 10 m;
- b) 420 x 420 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 10 y 20 m;
- c) 594 x 594 mm cuando la distancia de observación esté comprendida entre 20 y 30 m.

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

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

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia:

- a) 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 los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:

- a) Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo en el 70% de su tensión nominal de servicio.
- b) Mantendrá las condiciones de servicio, que se relacionan a continuación, durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- c) Proporcionará una iluminancia de 1 lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación
- d) La iluminancia será, como mínimo de 5 lx en los espacios siguientes:
  - Los locales o espacios donde están instalados: cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios, (citadas en el Apartado 16.2 del Anexo III del REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los 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.
- e) 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.
- f) Los niveles de iluminaciones 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.

Irán conectadas a la red general pero en un circuito independiente. Estos circuitos estarán protegidos por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 A como máximo. Las canalizaciones por donde se alimentarán los alumbrados especiales, se dispondrán a 5 cm como mínimo de otras canalizaciones.

Al ser utilizados equipos autónomos para la instalación de alumbrado de emergencia, éstos cumplirán la Norma UNE 20062 y/o la UNE 20392.

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 RD 485/1997, de 14 de abril. 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”.
- b) La señal con el rótulo “Salida de emergencia” debe utilizarse en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- c) Deben disponerse señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un 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.

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 23035-4:1999. Cuando el material o equipo llegue a obra con el certificado de origen industrial que acredite el cumplimiento de las Normas antes citadas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparente.

### **3.6 Condiciones de mantenimiento y uso**

Todas las instalaciones y medios relativos al presente proyecto deberán conservarse en buen estado de acuerdo con lo establecido en cada caso, en el presente capítulo, o en las disposiciones vigentes que serán de aplicación. La responsabilidad derivada de la obligación impuesta en el punto anterior recaerá en la propiedad correspondiente, en cuanto a su mantenimiento y empleo.

En todos los casos del mantenimiento efectuado, tanto el mantenedor como el usuario o titular de la instalación, conservarán constancia documental del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo y se emitirá la certificación correspondiente, donde se indicarán los aparatos, equipos y sistemas objeto del mantenimiento, relacionando las características técnicas principales de los mismos y los resultados de las comprobaciones, incorporando a la misma las actas recogidas en la normativa, que conformarán el Registro o Libro de Mantenimiento de las instalaciones y que deberá mantenerse al día y estará a disposición de los Servicios de inspección de esta Comunidad Autónoma.

De observarse alguna anomalía en los equipos revisados, ajena al mantenimiento periódico reglamentario, se dará cuenta por escrito al usuario para que éste ordene su reparación. Dicho Registro o Libro de Mantenimiento deberá llevarse tanto por el usuario respecto de sus instalaciones, como por la empresa mantenedora respecto del conjunto de instalaciones que mantiene.

Con periodicidad anual se presentará, para su sellado, el Registro o Libro de Mantenimiento, ante la Dirección General competente en materia de industria. Dicha periodicidad se contabilizará, para los usuarios a partir de la fecha de puesta en servicio de las instalaciones, y para las empresas, a partir de la fecha de inscripción en el Registro de empresas mantenedoras.

En todo establecimiento industrial habrá constancia documental del cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo de los medios de protección contra incendios existentes, realizados de acuerdo con lo establecido en el apéndice 2 del Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RIPCI), aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, de las deficiencias observadas en su cumplimiento, así como de las inspecciones realizadas en cumplimiento de lo dispuesto en el REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Como guía básica y protocolo de inspección se adoptarán los contenidos establecidos por la norma UNE 23.580:2005 sobre “Seguridad contra incendios. Actas para la revisión de las instalaciones y equipos de protección contra incendios. Inspección técnica para mantenimiento”, en las partes que concierne a dicho proyecto.

### **3.6.1 Extintores móviles**

La instalación de extintores móviles deberá someterse a las siguientes operaciones de mantenimiento y control de funcionamiento:

- Se verificará periódicamente y como máximo cada 3 meses la situación, accesibilidad y aparente buen estado del extintor y sus inscripciones.
- Cada 6 meses o después de haberse producido un incendio, se realizarán las operaciones previstas en las instrucciones del fabricante o instalador. Particularmente se verificará el peso del extintor, su presión, en caso de ser necesario, así como el peso mínimo previsto para los botellines que contengan el agente impulsor.
- Cada 12 meses se realizará una verificación y recarga de los extintores por personal especializado.
- Se procurará que entre el personal que permanece habitualmente en los lugares donde existan extintores, haya personal debidamente adiestrado para su utilización en caso de emergencia.
- Las verificaciones anuales y semestrales se recogerán en tarjetas unidas de forma segura a los extintores, en la que constará la fecha de cada comprobación y la identificación de la persona que lo ha realizado.
- En caso de ser necesarias observaciones especiales, éstas podrán ser indicadas en las mismas.
- Las operaciones de retimbrado y recarga se realizarán de acuerdo con lo previsto en el vigente Reglamento de Aparatos a Presión.

Se seguirán, además, las pautas señaladas en la Norma UNE 23.120:2003 y Erratum: 2004, sobre “Mantenimiento de extintores portátiles contra incendios”, con las siguientes consideraciones:



- La responsabilidad del mantenimiento empieza desde el acto de la retirada de su emplazamiento habitual, de los aparatos a verificar por el Mantenedor.
- La retirada de los extintores para la realización de las operaciones de mantenimiento, cuando éstas hayan de realizarse fuera del área protegida, conllevará la colocación de extintores de repuesto o retenes de características similares a los retirados. Esta sustitución estará acorde con el grado de riesgo de incendio en el local protegido, y será completa si éste es el único sistema de extinción instalado.
- En las revisiones anuales, se emitirá certificación de verificación, donde consten los siguientes datos:

Tipo de extintor, contraseña de homologación, capacidad y agente extintor, gas propelente, número y fecha de fabricación, fecha de la última prueba hidrostática, las piezas o componentes sustituidos y las observaciones que estime oportunas, así como la operación realizada. Se indicará asimismo que la validez de este certificado es de un año. .

Para aquellos extintores que hayan de darse de baja, tanto por cumplir los 20 años reglamentarios como por no superar las pruebas de presión hidrostática, se emitirá el correspondiente certificado de baja, procediendo a inutilizarlo de forma efectiva y a su retirada a través de un gestor autorizado de residuos.

Del mantenimiento de estos aparatos debe quedar constancia fehaciente de quién los manipula, en la etiqueta correspondiente, al efecto de determinar la responsabilidad que pueda derivarse de sus actuaciones.

Los elementos de protección pasiva serán también objeto del plan de mantenimiento, para garantizar que permanezcan en las condiciones iniciales de diseño recogidas en el proyecto de ejecución y para adoptar las medidas necesarias en caso de modificaciones y/o ampliaciones y cambios de actividad.

La Dirección General competente en materia de industria pondrá a disposición de las empresas de mantenimiento autorizadas o reconocidas en esta Comunidad Autónoma, fichas o impresos normalizados que faciliten a las mismas el desarrollo y registro de las distintas operaciones realizadas, de forma homogénea para todas ellas.

### ***3.6.2 Bocas de incendio equipadas***

La instalación de bocas de incendio equipadas deberá someterse cada 3 meses, o después de haber sido utilizada, a una revisión comprobando que: Todos los elementos constituyentes están en perfecto estado, procediendo a desenrollar la manguera en toda su extensión y accionamiento de la boquilla en caso de ser de varias posiciones.

- La tapa y la válvula de globo estén cerradas.
- El manómetro marque como mínimo 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>.
- La devanadera y la lanza estén debidamente colocadas.
- La manguera esté seca.

Cada año, o después de haber sido utilizada la instalación, se efectuará una revisión de la boca, comprobando que la llave esté cerrada y que las tapas de los racores estén colocadas.

Cuando la instalación comprenda un grupo de presión destinado a funcionar automáticamente en caso de disminución de la presión de agua y, dicho grupo se pusiera en funcionamiento sin haber entrado en servicio algún equipo de manguera, se revisará la instalación para detectar posible fugas.

### **3.6.3 Detectores**

La instalación de detectores deberá someterse a las siguientes operaciones de mantenimiento y control de funcionamiento:

- En el primer semestre de cada año, se procederá a la limpieza del equipo captador de uno de cada dos detectores y se efectuará una prueba de su funcionamiento mediante aproximación de un generador de humo con la concentración requerida o de un generador de calor con la temperatura requerida, según el tipo de detector, comprobando el encendido del piloto correspondiente de la central de señalización de detectores.
- En el segundo semestre anual, se comprobará de igual manera el resto de los detectores.
- Después de un incendio, se comprobará el estado de los detectores, reemplazando aquellos que presenten funcionamiento deficiente.

### **3.6.4 Rociadores**

- Después de 25 años se deberían examinar los tubos y rociadores. Las tuberías deberían limpiarse a fondo y probarse hidrostáticamente a una presión igual a la máxima estática, y en ningún caso inferior a 12 bar. Las tuberías deberían examinarse interna y externamente. Se debería examinar al menos un metro de ramal por cada 100 rociadores y, por cada diámetro, al menos dos muestras de tubería de un metro de longitud. En el caso de los sistemas mojados, se debería examinar al menos una instalación de rociadores por edificio. Si hay instalados varios puestos de control mojados en un edificio, solamente es necesario examinar el 10% de ellos. Se deberían quitar y examinar rociadores, si existe un número menor o igual 5000 rociadores instalados, se examinarían 20 rociadores. Se deberían evaluar los siguientes aspectos en los rociadores:
  - Funcionamiento.
  - Temperatura de funcionamiento.
  - Variación de factor K.
  - Obstáculos a la distribución correcta del agua.

- Retención del asiento u otro componente del rociador que se quede atrapado junto al deflector.
- Sensibilidad térmica.

### **3.6.5 Hidrantes**

- Trimestralmente, se comprobará la accesibilidad a su entorno y la señalización de los hidrantes enterrados, comprobándose la estanqueidad del conjunto.
- De igual manera, trimestralmente se procederá a quitar las tapas de las salidas, engrasar las roscas y comprobar el estado de las juntas de los racores.
- Semestralmente, se procederá a engrasar la tuerca de accionamiento o rellenar la cámara de aceite del mismo. Asimismo, se abrirá y cerrará el hidrante, comprobando el perfecto funcionamiento de la válvula principal y del sistema de drenaje.

### **3.6.6 Líneas de señalización**

Se efectuará una revisión de las líneas de señalización cuando al realizar la prueba de servicio de la central de señalización y de los detectores, se aprecie alguna anomalía eléctrica o antes si se enciende el piloto de avería de la central de señalización de detectores.

### **3.6.7 Alumbrados de emergencia y señalización**

Las instalaciones de alumbrado de emergencia y alumbrado de señalización se someterán a inspección al menos una vez al año.

### **3.7 Condiciones de índole administrativa**

#### ***3.7.1 De los instaladores y empresas mantenedores de estas instalaciones***

Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios cumplirán los requisitos que para ellos establece el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y las disposiciones que lo complementan.

#### ***3.7.2 De las inspecciones periódicas de las instalaciones y medidas correctoras***

En aplicación de lo dispuesto en los artículos 6 y 7 del Real Decreto 2.267/2004, de 3 de diciembre, y del artículo 8.2.2.b) del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y con independencia de lo señalado en el artículo 7 del Decreto 16/2009, de 3 de febrero, los titulares de los establecimientos que dispongan de instalaciones que son objeto de la presente disposición, deberán solicitar a un Organismo de Control Autorizado, facultado para ello, la inspección de sus instalaciones.

#### **En los establecimientos incluidos en el Grupo A:**

En tales inspecciones se comprobará:

- a) Que no se han producido variaciones y/o ampliaciones significativas respecto a lo autorizado.
- b) Que sigue manteniéndose la tipología del edificio, sectores y/o áreas de incendio y el riesgo de cada una.
- c) Que los sistemas de protección siguen siendo los exigidos y que se realizan las operaciones de mantenimiento conforme a lo establecido en el apéndice 2 del RIPCI y a lo establecido en las presentes Normas, verificándose la existencia de contrato de mantenimiento en vigor con empresa mantenedora autorizada.

La periodicidad de estas inspecciones será cada dos años, para los establecimientos de riesgo intrínseco alto.

**En los establecimientos del Grupo B:**

En tales inspecciones se comprobará que los sistemas de protección estén en perfectas condiciones de funcionamiento y que se están realizando las operaciones de mantenimiento conforme a lo establecido en el apéndice 2 del RIPCI y a lo establecido en las presentes Normas, verificándose la existencia de contrato de mantenimiento en vigor con empresa mantenedora autorizada.

La periodicidad de estas inspecciones será de cinco años. 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, remitiéndose otra al órgano territorial competente en materia de industria.

Si como resultado de las inspecciones a que se refieren los apartados anteriores se observasen deficiencias en el cumplimiento de las prescripciones reglamentarias, deberá señalarse el plazo para la ejecución de las medidas correctoras oportunas; si de dichas deficiencias se derivase un riesgo grave e inminente, el organismo de control deberá comunicarlas al órgano competente de la comunidad autónoma para su conocimiento y efectos oportunos.

***3.7.3 Puesta en marcha y documentos para la puesta en marcha de la instalación contra incendios.***

Conforme a la clasificación que establece el artículo 2 del Decreto 154/2001, de 23 de julio, por el que se establece el procedimiento para la puesta en funcionamiento de industrias e instalaciones industriales, las instalaciones, aparatos y sistemas de protección contra incendios se encuentran en el grupo I, con lo que, de acuerdo con lo señalado en su artículo 3, para su puesta en funcionamiento no será necesario otro requisito que, una vez finalizadas las obras, la presentación por parte del titular o promotor del establecimiento ante la Dirección General competente en materia de industria de la comunicación en la que se hagan constar los datos y características de la instalación, según modelo normalizado PCI-INS, acompañada de la siguiente documentación técnica:

- a) **Proyecto técnico**, firmado por técnico competente y visado por el correspondiente Colegio Oficial; o, en su caso, Memoria Técnica **según modelo PCI\_MT**, firmada por el técnico titulado competente responsable de la empresa instaladora y visada por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales (COII).
- b) **Certificación de ejecución y finalización de obra**, sólo en caso de proyecto técnico, indicando las instalaciones realizadas, con expresión de sus equipos y componentes principales así como las características técnicas de los mismos, según modelo PCI\_CDO. En el caso de establecimientos turísticos alojativos, será válido, a efectos del presente trámite, el certificado emitido de conformidad con la formativa sectorial que lo regula.
- c) **Certificado de empresa/s instaladora/s autorizada/s**, firmado por el responsable técnico correspondiente, **según modelo PCI\_CI\_PA (en todos los casos) y PCI\_CI\_PP (sólo en instalaciones del Grupo A)**. Los profesionales habilitados deberán declarar en el certificado de instalación su personal y efectiva dirección, y realización de los trabajos ejecutados, así como firmar el certificado emitido por la empresa autorizada, debiendo abstenerse de emitir el certificado de instalación en el caso de que no haya ejecutado los trabajos.

Copia del contrato de mantenimiento de las instalaciones, formalizado con empresa mantenedora autorizada.

El proyecto se presentará preferentemente en soporte informático, en formato pdf, validado mediante firma electrónica del técnico competente que lo haya redactado y visado electrónicamente del Colegio Oficial correspondiente.

Junto con la documentación indicada en el punto anterior, en el caso de establecimientos industriales les con requerimiento de proyecto técnico, se aportará en formato digital (dwg, dxf o pdf) copia separada de los planos de situación, de emplazamiento y de los sistemas de protección contra incendios instalados de cada uno de los edificios del establecimiento, en los que queden identificadas las zonas y naturaleza del riesgo existente en el mismo, a efectos de su remisión al Servicio de Bomberos a cuyo ámbito de actuación corresponda el establecimiento.

Los modelos de los impresos que se citan en los párrafos anteriores son los recogidos en el anexo IV del Decreto 16/2009, de 3 de febrero, por el que se aprueban Normas sobre documentación, tramitación y prescripciones técnicas relativas a las instalaciones, aparatos y sistemas contra incendios, instaladores y mantenedores de instalaciones (B.O.C. núm. 34, 19/2/2009).

No se podrá iniciar la actividad sin la obtención previa de la correspondiente licencia de apertura o actividad en su caso, o de cualquier otro permiso que fuere necesario disponer; todo ello, sin perjuicio del procedimiento regulado en el Decreto 305/1996, de 23 de diciembre, y modificaciones posteriores, vinculado éste al expediente de apertura y clasificación del establecimiento incoado por el correspondiente Cabildo Insular. 10.4.- Instalaciones que requieran proyecto técnico para su ejecución.

- 1. Instalaciones del Grupo A.** Todas las instalaciones de protección contra incendios previstas para establecimientos de los incluidos en el grupo A, a que se refiere el artículo 4 del Decreto 16/2009, de 3 de febrero (B.O.C. núm. 34, 19/2/2009), requerirán de la elaboración previa de un proyecto específico, suscrito por técnico titulado competente y visado por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales (COII).
- 2. Instalaciones del Grupo B.** Todas las instalaciones de protección contra incendios previstas para establecimientos de los incluidos en el grupo B a que se refiere el artículo 4 del Decreto 16/2009, de 3 de febrero, cuando sean exigibles de acuerdo con el DB-SI, requerirán de la elaboración previa de un proyecto específico, suscrito por técnico titulado competente y visado por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Canarias (COIIC).



#### ***3.7.4 Obligaciones de la empresa instaladora / mantenedora***

Para la ejecución de nuevas instalaciones de los aparatos y sistemas de protección contra incendios especificados en el artículo 2 del Decreto 16/2009, de 3 de febrero, o se realicen modificaciones o ampliaciones de las existentes y el mantenimiento de las mismas, se requiere que la empresa instaladora y/o mantenedora que intervenga, tanto si accede a dicha actuación en calidad de contrata como si lo hace en calidad de subcontrata, esté inscrita en el Registro de Empresas instaladoras y mantenedoras de sistemas o aparatos de protección activa de esta Comunidad Autónoma, con carácter previo al inicio de la actividad, en los epígrafes o sistemas en los que vaya a actuar.

Asimismo, la empresa instaladora entregará al usuario, junto con los certificados de instalación, los manuales de instalación, programación y mantenimiento de todos los equipos, incluso el software necesario para ello facilitado por el fabricante que permita un mantenimiento adecuado, con independencia de la empresa mantenedora interviniente.

Si la empresa instaladora o mantenedora está inscrita en otra Comunidad Autónoma y ejerza su actividad en el ámbito territorial dicha comunidad, deberá comunicarlo previamente a la Dirección General competente en materia de industria, según lo expuesto en el artículo 13 del Decreto 16/2009, de 3 de febrero, por el que se aprueban Normas sobre documentación, tramitación y prescripciones técnicas relativas a las instalaciones, aparatos y sistemas contra incendios, instaladores y mantenedores de instalaciones (B.O.C. núm. 34, 19/2/2009).

#### ***3.7.5 Obligaciones del titular de la instalación***

El titular deberá realizar, si procede, las siguientes actuaciones:

1. Comunicación de incendio. El titular del establecimiento industrial deberá comunicar a la Dirección General competente en materia de industria, en el plazo máximo de quince días (15), cualquier incendio que se produzca en el establecimiento industrial en el que concurran, al menos, una de las siguientes circunstancias:

- a) Que se produzcan daños personales que requieran atención médica externa.
- b) Que ocasione una paralización total de la actividad industrial.
- c) Que se ocasione una paralización parcial superior a 14 días de la actividad industrial
- d) Que resulten daños materiales superiores a 30.000 euros.

El titular deberá comunicar las causas del mismo y las consecuencias que ha tenido el incendio en el establecimiento y en los alrededores del mismo.

2. Investigación del incendio. En todos aquellos incendios en los que concurra alguna de las circunstancias previstas en el punto anterior, o en el caso de que el suceso sea de especial interés y así lo determine la Dirección General competente en materia de industria, este Centro Directivo iniciará la investigación correspondiente sobre el incendio ocurrido en el establecimiento.

La Dirección General competente en materia de industria emitirá un dictamen de la investigación, analizando todos los datos del accidente, y en particular:

- Las causas del incendio.
- Las consecuencias del incidente (los daños económicos, materiales, personales, medioambientales, la paralización de la actividad, etc.).
- El plan de autoprotección, su puesta en marcha, si se llevó a cabo correctamente, actuaciones incorrectas, etc.
- Los aparatos, equipos o sistemas de protección contra incendios instalados así como la suficiencia de los mismos para el cumplimiento de la legislación aplicable. Se comprobará además si se realizaron las operaciones de mantenimiento y las inspecciones periódicas obligatorias. Asimismo, se comprobará el correcto funcionamiento de los mismos para la extinción del incendio
- Cumplimiento de la legislación aplicable de los requisitos constructivos del establecimiento.

- Plan de actuaciones de mejora y corrección, como: revisión y puesta a punto de los sistemas de protección contra incendios que se han utilizado durante el incendio, corrección de las deficiencias reglamentarias detectadas en la investigación, revisión del plan de autoprotección, formación del personal, realización de simulacros de accidentes, etc.

Dicho informe será remitido al órgano directivo competente en materia de seguridad industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Para la realización de la investigación y del informe, la Dirección General competente en materia de industria podrá requerir la ayuda de especialistas como el Cuerpo de Bomberos, organizaciones o técnicos competentes.

3. Lo dispuesto en los apartados anteriores se entiende sin perjuicio del expediente sancionador que pudiera incoarse por supuestas infracciones reglamentarias y de las responsabilidades que pudieran derivarse si se verifica el incumplimiento de la realización de las inspecciones reglamentarias y/o de las operaciones de mantenimiento previstas en el apéndice 2 del Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios, aprobado por el Real Decreto 1.942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo del mencionado Real Decreto.

### **3.7.6 Incompatibilidades**

En una misma instalación u obra, no podrán coincidir en la misma persona física o jurídica, las figuras de proyectista o Ingeniero-Director de obra, con la del responsable técnico de la empresa instaladora que esté ejecutando la misma.



# **DOCUMENTO IV: MEDICIONES Y PRESUPUESTO**



## **INDICE DE MEDICIÓN Y PRESUPUESTO:**

1. OBJETO .....	461
2. ALCANCE.....	461
3. DESARROLLO DE LA MEDICIÓN Y PRESUPUESTO.....	463
3.1 Acondicionamiento del terreno .....	463
3.2 Cimentaciones.....	463
3.3 Estructura .....	466
3.4 Cubierta y Cerramientos .....	468
3.5 Instalaciones Contra Incendios .....	472
4. RESUMEN DE MEDICION Y PRESUPUESTO.....	475





## 1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto servir como base para la precisión de los precios y su alcance así como las normas de medición y certificación de los trabajos proyectados.

## 2. ALCANCE

El Contratista valorará el precio cerrado del conjunto del Proyecto, según se describe en la Memoria, Anexos, Mediciones y Presupuesto, Pliego de Condiciones y Planos.

La presente Lista de Precios adjunta una medición preliminar de la Obra. El Contratista valorará igualmente los precios unitarios que aparecen en dicha medición, con objeto de servir de base para la valoración de posibles trabajos asociados al Proyecto y no incluidos en el alcance inicialmente previsto.

El alcance de los precios unitarios así como sus condiciones de aplicación se definen en el presente Presupuesto.

Los Precios Unitarios representan la evaluación por parte del Contratista de todos los componentes que intervienen en cada unidad de obra realizada según toda la documentación contractual. En consecuencia el precio total del Contrato será el obtenido tras el resultado de aplicar los Precios Unitarios correspondientes a las descripciones de cada unidad de trabajo por las cantidades de medición extraídas de los diferentes planos y documentos de los que consta este proyecto.

A título orientativo y no limitativo se enumeran a continuación algunos componentes que deberán estar incluidos en los Precios Unitarios y en los Precios Elementales y que en consecuencia no podrán ser facturados separadamente.

- a) Mano de Obra: Gastos de salarios, cargas y seguros sociales, seguros laborales, desplazamientos, dietas, vacaciones, gratificaciones, pluses, etc.

- b) Maquinaria y herramientas: Gastos de amortización, seguros, transporte e instalación, mantenimiento y conservación, combustibles y lubricantes, repuestos, etc.
- c) Materiales: Gastos de adquisición, transporte, manipulación y acopios, fabricación, colocación y pruebas (cuando lo requieran los Documentos Técnicos), así como de todas las operaciones precisas para su incorporación a la obra o al trabajo a ejecutar.
- d) Dirección administrativa, de coordinación y control de los trabajos.
- e) Gastos generales o de estructura y beneficio industrial, incluyendo los seguros de construcción.
- f) Tasas o impuestos estatales, provinciales y/o locales, con la sola excepción del IVA, que será explícitamente repercutido a la Propiedad sobre el volumen de los trabajos certificados.
- g) Gastos generales de obra (vallados, protecciones, montaje y desmontaje de las instalaciones provisionales y maquinaria, edificios auxiliares, etc.) y personal no productivo (por ejemplo guardas).
- h) Documentos, certificaciones y planos o esquemas requeridos por el devenir de la obra o por el Proyecto.
- i) Los gastos derivados de ensayos y control, exigidos en la Documentación Técnica

### 3. DESARROLLO DE LA MEDICIÓN Y PRESUPUESTO

#### 3.1 Acondicionamiento del terreno

Código	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Ancho	Alto	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.1</b>	m <sup>2</sup>	<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>							<b>1,00</b>	<b>5.440,00</b>	<b>5.440,00</b>
<b>1.1.1</b>	m <sup>2</sup>	<b>DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO</b>							<b>6.800,00</b>	<b>0,80</b>	<b>5.440,00</b>
		Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.	PARCELA	1	100,00	68,00		6.800,00			
								<b>1.1.1</b>	<b>6.800,00</b>	<b>0,80</b>	<b>5.440,00</b>
								<b>1.1</b>	<b>1,00</b>	<b>5.440,00</b>	<b>5.440,00</b>

### 3.2 Cimentaciones

Código	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Ancho	Alto	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	
<b>1.2</b>		<b>CIMENTACIONES</b>							<b>1,00</b>	<b>132.129,20</b>	<b>132.129,20</b>	
<b>1.2.1</b>	m <sup>3</sup>	<b>EXCAVACIÓN</b>							<b>792,15</b>	<b>25,51</b>	<b>20.207,85</b>	
		Excavación de tierras a cielo abierto para formación de sótanos de más de 2 m de profundidad, que en todo su perímetro quedan por debajo de la rasante natural, en suelo de roca blanda, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso transporte de la maquinaria, formación de rampa provisional para acceso de la maquinaria al fondo de la excavación y su posterior retirada, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.										
			Z1 NAVE	6	5,05	2,75	2,15		179,15			
			Z2 NAVE	4	,80	,80	,80		2,05			
			Z3 NAVE	14	5,05	2,55	2,20		396,63			
			Z4 MARQ	7	3,35	1,75	1,50		61,56			
			Z MARQ	7	3,65	1,95	1,60		79,72			
			Z5 CASETA	4	,60	,60	,70		1,01			
			RIOSTRAS									
			NAVE	47,73					47,73			
			RIOSTRAS									
			MARQ	20,5					20,50			
			RIOSTRAS									
			CASETA	3,82					3,82			
									<b>1.2.1</b>	<b>792,15</b>	<b>25,51</b>	<b>20.207,85</b>
<b>1.2.2</b>	m <sup>3</sup>	<b>HORMIGÓN DE LIMPIEZA</b>							<b>49,42</b>	<b>73,13</b>	<b>3.613,87</b>	
		Suministro de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, para formación de capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, en el fondo de la excavación previamente realizada.										
			Z1 NAVE	6	5,05	2,75	,10		8,33			
			Z2 NAVE	4	,80	,80	,10		,26			
			Z3 NAVE	14	5,05	2,55	,10		18,03			
			Z4 MARQ	7	3,35	1,75	,10		4,1			
			Z MARQ	7	3,65	1,95	,10		4,98			
			Z5 CASETA	4	,60	,60	,10		,14			
			RIOSTRA									
			NAVE	7,96					7,96			
			RIOSTRA									
			MARQ	4,85					4,85			
			RIOSTRA									
			CASETA	0,76					,76			
									<b>1.2.2</b>	<b>49,42</b>	<b>73,13</b>	<b>3.613,87</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Lon g	Anchura	Alto	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.2</b>		<b>CIMENTACIONES</b>							<b>1,00</b>	<b>132.129,20</b>	<b>132.129,20</b>
<b>1.2.3</b>	m <sup>3</sup>	<b>HA-25</b>							<b>749,31</b>	<b>84,00</b>	<b>62.941,79</b>
		Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una									
		cuantía aproximada de 50 kg/m <sup>3</sup> , sin incluir el encofrado en este precio.	Z1 NAVE	6	5,05	2,75	2,05	170,82			
		Incluso p/p de elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, separadores, y armaduras de espera del pilar.	Z2 NAVE	4	,80	,80	,70	1,79			
			Z3 NAVE	14	5,05	2,55	2,10	378,6			
			Z4 MARQ	7	3,35	1,75	1,40	57,45			
			Z MARQ	7	3,65	1,95	1,50	74,73			
			Z5 CASETA	4	,60	,60	,60	,86			
			RIOSTRAS NAVE	40,73				40,73			
			RIOSTRAS MARQ	20,5				20,5			
			RIOSTRAS CASETA	3,82				3,82			
								<b>1.2.3</b>	<b>749,31</b>	<b>84,00</b>	<b>62.941,79</b>
<b>1.2.4</b>	kg	<b>ACERO B500S</b>							<b>40.783,35</b>	<b>1,10</b>	<b>44.861,69</b>
		Acero en barras corrugas, B500 S UNE 36068, elaborado en taller y colocado en obra, diámetros varios. Se incluyen mermas y despuntes	ZAPATAS NAVE	20.089,47				20.089,47			
			ZAPATAS MARQ	4.620				4.620,00			
			ZAPATAS CASETA	37,41				3.741			
			RIOSTRAS NAVE	14.290,16				14.290,16			
			RIOSTRAS MARQ	1.422,51				1.422,51			
			RIOSTRAS CASETA	323,8				323,80			
								<b>1.2.4</b>	<b>40.783,35</b>	<b>1,10</b>	<b>44.861,69</b>
<b>1.2.5</b>	u	<b>COLOCACION ANCLAJES</b>							<b>42,00</b>	<b>12,00</b>	<b>504,00</b>
		Colocación y nivelación de anclajes acero para estructuras.	ANCLAJES NAVE	24				24,00			
			ANCLAJES MARQUESINA	14				14,00			
			ANCLAJES CASETA	4				4,00			
								<b>1.2.5</b>	<b>42,00</b>	<b>12,00</b>	<b>504,00</b>
								<b>1.2</b>	<b>1,00</b>	<b>132.129,20</b>	<b>132.129,20</b>

### 3.3 Estructura

Cód.	U d.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.3</b>		<b>ESTRUCTURA</b>							<b>1,00</b>	<b>454.368,86</b>	<b>454.368,86</b>
<b>1.3.1</b>	kg	<b>ANCLAJES</b>							<b>6.467,97</b>	<b>1,10</b>	<b>7.114,77</b>
		Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE EN 10025 S275JR en perfil plano, de dimensiones especificadas en planos, con garrotas soldadas de acero corrugado B 500 S UNE 36068. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con pintura de minio electrolítico, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos retoques y/o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.									
			PLACA BASE NAVE		3.133,72						3.133,72
			PLACA BASE MARQ		304,97						304,97
			PLACA BASE CASETA		32,97						32,97
			RIGIZADORES NO PASANTES NAVE		4,22						4,22
			RIGIZADO PASANTES NAVE		696,22						696,22
			RIGIZADO PASANTES MARQUE		42,86						42,86
			RIGIZADO PASANTES CASETA		1,07						1,07
			PERNOS ANCLAJE NAVE		2.160,4						2.160,4
			PERNOS ANCLAJE MARQ		81,82						81,82
			PERNOS ANCLAJE CASETA		9,72						9,72
								<b>1.3.1</b>	<b>6.467,97</b>	<b>1,10</b>	<b>7.114,77</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.3</b>		<b>ESTRUCTURA</b>							<b>1,00</b>	<b>454.368,86</b>	<b>454.368,86</b>
<b>1.3.2</b>	kg	<b>ESTRUCTURA PRINCIPAL</b>							<b>142.223,25</b>	<b>1,42</b>	<b>201.957,02</b>
		Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con pintura de minio electrolítico, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos retoques y/o desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.									
			ESTRUCTURA PRINCIPAL NAVE	130.265,99				130.265,99			
			ESTRUCTURA PRINCIPAL MARQUESINA	11.161,58				11.161,58			
			ESTRUCTURA PRINCIPAL CASETA	795,68				795,68			
								<b>1.3.2</b>	<b>142.223,25</b>	<b>1,42</b>	<b>201.957,02</b>
<b>1.3.3</b>	kg	<b>CORREAS</b>							<b>49.696,96</b>	<b>2,28</b>	<b>113.309,07</b>
		Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para vigas y correas, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.									
			CORREAS DE CUBIERTA NAVE	2	939,64	1,00	21,10	39.652,81			
			CORREAS LATERALES NAVE	2	306,94	1,00	11,00	6.752,68			
			CORREAS DE CUBIERTA MARQUESINA	1	252,22	1,00	13,05	3.291,47			
								<b>1.3.3</b>	<b>49.696,96</b>	<b>2,28</b>	<b>113.309,07</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.3</b>		<b>ESTRUCTURA</b>							<b>1,00</b>	<b>454.368,86</b>	<b>454.368,86</b>
<b>1.3.4</b>	m <sup>2</sup>	<b>SOLERA</b>							<b>6.800,00</b>	<b>19,41</b>	<b>131.988,00</b>
		Solera de hormigón armado de 20 cm. de espesor, realizada con hormigón H A25/B/20/IIa, de central, i/vertido, curado, colocación y armado con fibras de acero, dosificación 15 kg/m <sup>3</sup> , frata sado con adición de cuarzo. Incluso corte de solera para juntas de dilatación y retracción en pastillas de 30 m <sup>2</sup> como máximo.	PARCELA	1	100,00	68,00		6.800,00			
								<b>1.3.4</b>	<b>6.800,00</b>	<b>19,41</b>	<b>131.988,00</b>
								<b>1.3</b>	<b>1,00</b>	<b>454.368,86</b>	<b>454.368,86</b>

### 3.4 Cubierta y Cerramientos

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.4</b>		<b>CUBIERTA Y CERRAMIENTOS</b>							<b>1,00</b>	<b>344.208,76</b>	<b>344.208,76</b>
<b>1.4.1</b>	m <sup>2</sup>	<b>CUBIERTA PLANA NO TRANSITABLE, NO VENTILADA</b>							<b>25,20</b>	<b>67,38</b>	<b>1.697,98</b>
		Formación de cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, compuesta de los siguientes elementos: FORMACIÓN DE PENDIENTES: mediante encintado de limatesas, limahoyas y juntas con maestras de ladrillo cerámico hueco doble y capa de 10 cm de espesor medio a base de arcilla expandida de 350 kg/m <sup>3</sup> de densidad, vertida en seco y consolidada en su superficie con lechada de cemento, proporcionando una resistencia a compresión de 1 MPa y con una conductividad térmica de 0,087 W/(mK); acabado con capa de regularización de mortero de cemento, industrial, M-5 de 4 cm de espesor, fratasada y limpia; AISLAMIENTO TÉRMICO: panel de espuma de poliisocianurato soldable, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,53 m <sup>2</sup> K/W, conductividad térmica 0,026 W/(mK), protegido superiormente con velo de vidrio con acabado asfáltico e inferiormente con velo de vidrio; IMPERMEABILIZACIÓN: tipo monocapa, adherida, formada por una lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-40-FP, con armadura de fieltro de poliéster no tejido de 160 g/m <sup>2</sup> , de superficie no protegida, totalmente adherida con soplete; CAPA SEPARADORA BAJO PROTECCIÓN: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 2 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 2 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 27 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,4 kN y una masa superficial de 200 g/m <sup>2</sup> ; CAPA DE PROTECCIÓN: Capa de canto rodado de 16 a 32 mm de diámetro, exenta de finos, extendida con un espesor medio de 10 cm.	CUBIERTA CASETA	25,2			25,20				
								<b>1.4.1</b>	<b>25,20</b>	<b>67,38</b>	<b>1.697,98</b>



Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.4</b>		<b>CUBIERTA Y CERRAMIENTOS</b>							<b>1,00</b>	<b>344.208,76</b>	<b>344.208,76</b>
<b>1.4.2</b>	m <sup>2</sup>	<b>CHAPA DE CUBIERTA</b>							<b>4.462,61</b>	<b>61,96</b>	<b>276.503,13</b>
		Panel metálico autoportante con aislamiento de lana de roca, destinado a su colocación en cubierta y fachadas que requieran una elevada prestaciones de resistencia al fuego y de aislamiento acústico. El panel está compuesto por dos chapas de acero galvanizado y prelacado y un alma aislante de lana de roca. Los paneles de esta gama se fabrican en ancho de 1.000mm. y espesor de 100 mm.	NAVE	2	21,10	85,84		3.622,45			
			MARQUESINA	1	13,05	64,38		840,16			
								<b>1.4.2</b>	<b>4.462,61</b>	<b>61,96</b>	<b>276.503,13</b>
<b>1.4.3</b>	m <sup>2</sup>	<b>REMATE CUMBRERA DE CHAPA PLEGADA DE ACERO</b>							<b>85,84</b>	<b>15,12</b>	<b>1.297,90</b>
		Remate para cumbrera de cubierta de paneles de acero, mediante chapa plegada de acero, con acabado galvanizado, de 1,0 mm de espesor, 40 cm de desarrollo y 3 pliegues, con junta de estanqueidad.	CUMBRERA	1	85,84			85,84			
								<b>1.4.3</b>	<b>85,84</b>	<b>15,12</b>	<b>1.297,90</b>
<b>1.4.4</b>	ml	<b>CANALÓN INTERIOR</b>							<b>171,68</b>	<b>19,75</b>	<b>3.390,68</b>
		Suministro y colocación de remate para canalón interior de cubierta de paneles de acero, mediante chapa plegada de acero, con acabado galvanizado, de 1,0 mm de espesor, 80 cm de desarrollo y 4 pliegues, colocado con fijaciones mecánicas.	CANALÓN	2	85,84			171,68			
								<b>1.4.4</b>	<b>171,68</b>	<b>19,75</b>	<b>3.390,68</b>
<b>1.4.5</b>	m <sup>2</sup>	<b>CERRAMIENTO LOSA HORMIGÓN ARMADO</b>							<b>297,68</b>	<b>112,56</b>	<b>33.506,86</b>
		La nave dispondrá de cerramientos laterales de tipo panel armado de hormigón prefabricados, que pesan 4,9 KN/m <sup>2</sup> , además tendrá una resistencia al fuego de EI 240 que nos lo exigirá el RD 2267/2004. Los materiales empleados en la fabricación son el hormigón HA-25/F/20/IIa y el acero B500.	PARTICIONES FACHADA LATERAL	2	85,84			171,68			
			PARTICIONES PÓRTICO DE FACHADA	2	42,00			84,00			
			PARTICIONES PÓRTICO INTERIOR	1	42,00			42,00			
								<b>1.4.5</b>	<b>297,68</b>	<b>112,56</b>	<b>33.506,86</b>
<b>1.4.6</b>		<b>LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS CASETA</b>							<b>59,28</b>	<b>23,67</b>	<b>1.403,16</b>
		Para el cerramiento de fachada de la caseta, se emplearan losas alveolares pretensadas del tipo tipo 150x1200 mm y un peso de 2,01 KN/m <sup>2</sup> , acabado en hormigón gris, montaje horizontal.	FACHADA FRONTAL Y TRASERA	2	2,60	3,00		15,60			
			FACHADAS LATERALES	2	2,60	8,40		43,68			
								<b>1.4.6</b>	<b>59,28</b>	<b>23,67</b>	<b>1.403,16</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.4</b>		<b>CUBIERTA Y CERRAMIENTOS</b>							<b>1,00</b>	<b>344.208,76</b>	<b>344.208,76</b>
<b>1.4.7</b>	u	<b>VENTANAS</b>							<b>13,00</b>	<b>125,00</b>	<b>1.625,00</b>
		Suministro y montaje de carpintería de aluminio, anodizado natural, con un espesor mínimo de 15 micras, para conformado de ventana fija de 100 x100 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco. Espesor y calidad del proceso de anodizado garantizado por el sello EWAA?EURAS. Compuesta por perfiles extrusionados formando marcos y hojas de 1,5 mm de espesor mínimo en perfiles estructurales. Accesorios, herrajes de colgar y apertura, juntas de acristalamiento de EPDM, tornillería de acero inoxidable, elementos de estanqueidad, accesorios y utilajes de mecanizado homologados. Incluso p/p de garras de fijación, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra y ajuste final en obra. Elaborada en taller, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE?EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210. Totalmente montada.	NAVE	1 3				13,00			
								<b>1.4.7</b>	<b>13,00</b>	<b>125,00</b>	<b>1.625,00</b>
<b>1.4.8</b>	u	<b>PUERTAS INDUSTRIALES</b>							<b>2,00</b>	<b>1.823,00</b>	<b>3.646,00</b>
		Puerta basculante articulada a 1/3 de 4.8m x 4.5m, accionamiento manual por contrapesos invisibles, construida con cerco, bastidor y refuerzos de tubo de acero galvanizado, hoja ciega de chapa plegada de acero galvanizado y lacado en color a elegir, bisagras, guías laterales, rodamientos, poleas, cable de acero antitorsión para colgar contrapesos, pernios de seguridad, cajones de chapa lisa para los contrapesos, cerradura de contacto exterior y demás accesorios, patillas de fijación a obra, elaborada en taller, ajuste y montaje en obra, incluido recibido de albañilería.	NAVE INDUSTRIAL	2				2,00			
								<b>1.4.8</b>	<b>2,00</b>	<b>1.823,00</b>	<b>3.646,00</b>

Código	Ud.	Resumen	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.4</b>		<b>CUBIERTA Y CERRAMIENTOS</b>							<b>1,00</b>	<b>344.208,76</b>	<b>344.208,76</b>
<b>1.4.9</b>	m <sup>2</sup>	<b>PUERTA PEATONAL NAVE</b>							<b>14,00</b>	<b>1.254,64</b>	<b>17.564,96</b>
		Suministro y colocación de puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 120-C5, de una hoja de 74 mm de espesor, 700x2000 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado con tratamiento antihuellas formada por 3 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso cierrapuertas para uso moderado, barra antipánico, tapa ciega para la cara exterior, mirilla circular homologada de 200 mm de diámetro con vidrio cortafuegos EI2 120. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada.									
			NAVE	14				14,00			
								<b>1.4.9</b>	<b>14,00</b>	<b>1.254,64</b>	<b>17.564,96</b>
<b>1.4.10</b>		<b>PUERTA CORTAFUEGOS SECTORIZACIÓN</b>							<b>1,00</b>	<b>2.871,08</b>	<b>2.871,08</b>
		Suministro y colocación de puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 120-C5, de dos hojas de 74 mm de espesor, 1100x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color blanco formada por 3 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso ambas hojas provistas de cierrapuertas para uso frecuente selector de cierre para asegurar el adecuado cerrado de las puertas, barra antipánico, tapa ciega para la cara exterior, mirilla circular homologada de 200 mm de diámetro con vidrio cortafuegos EI2 120. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada.									
			NAVE	1				1,00			
								<b>1.4.10</b>	<b>1,00</b>	<b>2.871,08</b>	<b>2.871,08</b>

Código	Ud.	Resumen	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	
<b>1.4</b>		<b>CUBIERTA Y CERRAMIENTOS</b>							<b>1,00</b>	<b>344.208,76</b>	<b>344.208,76</b>	
<b>1.4.11</b>		<b>PUERTA PEATONAL CASETA</b>							<b>1,00</b>	<b>702,01</b>	<b>702,01</b>	
		Suministro y colocación de puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, de una hoja de 63 mm de espesor, 700x2000 mm de luz y altura de paso, acabado lacado en color blanco formada por 2 chapas de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, plegadas, ensambladas y montadas, con cámara intermedia de lana de roca de alta densidad y placas de cartón yeso, sobre cerco de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor con junta intumescente y garras de anclaje a obra, incluso cierrapuertas para uso moderado, barra antipánico, tapa ciega para la cara exterior, mirilla circular homologada de 200 mm de diámetro con vidrio cortafuegos EI2 60. Elaborada en taller, con ajuste y fijación en obra. Totalmente montada y probada.										
			CASETA	1					1,00			
									<b>1.4.11</b>	<b>1,00</b>	<b>702,01</b>	<b>702,01</b>
									<b>1.4</b>	<b>1,00</b>	<b>344.208,76</b>	<b>344.208,76</b>

### 3.5 Instalaciones Contra Incendios

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres	
<b>1.5</b>		<b>INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS</b>							<b>1,00</b>	<b>106.522,12</b>	<b>106.522,12</b>	
<b>1.5.1</b>		<b>EXTINTOR INTERIOR DE POLVO SECO 34A 233B</b>							<b>15,00</b>	<b>57,59</b>	<b>863,85</b>	
		Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje. Totalmente montado.										
			NAVE	14					14,00			
			CASETA	1					1,00			
									<b>1.5.1</b>	<b>15,00</b>	<b>57,59</b>	<b>863,85</b>
<b>1.5.2</b>		<b>EXTINTOR EXTERIOR DE POLVO SECO 34A 233B</b>							<b>3,00</b>	<b>136,74</b>	<b>410,22</b>	
		Suministro y colocación de extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso armario con puerta para acristalar, luna incolora y accesorios de montaje. Totalmente montado.										
			MARQUESINA	3					3,00			
									<b>1.5.2</b>	<b>3,00</b>	<b>136,74</b>	<b>410,22</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Longitud	Anchura	Altura	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.5</b>		<b>INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS</b>							<b>1,00</b>	<b>106.522,12</b>	<b>106.522,12</b>
<b>1.5.3</b>		<b>PULSADOR DE ALARMA MANUAL</b>							<b>11,00</b>	<b>34,44</b>	<b>378,84</b>
		Suministro e instalación de pulsador de alarma convencional de rearme manual, de ABS color rojo, protección IP 41, con led indicador de alarma color rojo y llave de rearme, con tapa. Totalmente montado, conexionado y probado.	NAVE	10				10,00			
			CASETA	1				1,00			
								<b>1.5.3</b>	<b>11,00</b>	<b>34,44</b>	<b>378,84</b>
<b>1.5.4</b>		<b>DETECTOR AUTOMÁTICO NAVE</b>							<b>6,00</b>	<b>748,47</b>	<b>4.490,82</b>
		Suministro e instalación de detector lineal de humos, de infrarrojos, convencional, con reflector, para una cobertura máxima de 50 m de longitud y 15 m de anchura, compuesto por unidad emisora/receptora y elemento reflector, para alimentación de 10,2 a 24 Vcc, con led indicador de acción. Totalmente montado, conexionado y probado.	DETECTOR LINEAL HUMOS INFRARROJO	6				6,00			
								<b>1.5.4</b>	<b>6,00</b>	<b>748,47</b>	<b>4.490,82</b>
<b>1.5.5</b>		<b>DETECTOR AUTOMÁTICO CASETA</b>							<b>1,00</b>	<b>38,85</b>	<b>38,85</b>
		Suministro e instalación de detector óptico de humos convencional, de ABS color blanco, formado por un elemento sensible a humos claros, para alimentación de 12 a 30 Vcc, con doble led de activación e indicador de alarma color rojo, salida para piloto de señalización remota y base universal. Totalmente montado, conexionado y probado.	DETECTOR CONVENCIONAL	1				1,00			
								<b>1.5.5</b>	<b>1,00</b>	<b>38,85</b>	<b>38,85</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.5</b>		<b>INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS</b>							<b>1,00</b>	<b>106.522,12</b>	<b>106.522,12</b>
<b>1.5.6</b>		<b>SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE HUMOS</b>							<b>7,00</b>	<b>1248,00</b>	<b>8.736,00</b>
		Aireador doble compuerta practicable 2.5 x 2.5 m	AIREADORES	7				7,00			
								<b>1.5.6</b>	<b>7,00</b>	<b>1.248,00</b>	<b>8.736,00</b>
<b>1.5.7</b>		<b>ROCIADORES AUTOMATICOS DE AGUA</b>							<b>374,00</b>	<b>17,72</b>	<b>6.627,28</b>
		Rociador automático colgante, respuesta rápida con ampolla fusible de vidrio frágil de 3 mm de diámetro y disolución alcohólica de color rojo, rotura a 93°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 bronce, según UNE-EN 12259-1.	SECTOR 2	136				136,00			
			SECTOR 1	238				238,00			
								<b>1.5.7</b>	<b>374,00</b>	<b>17,72</b>	<b>6.627,28</b>
<b>1.5.8</b>		<b>BOCA DE INCENDIOS EQUIPADAS</b>							<b>9,00</b>	<b>283,19</b>	<b>2.548,71</b>
		Suministro e instalación de boca de incendio equipada (BIE) de 45 mm (1 1/2") de superficie, compuesta de: armario de acero de 1,2 mm de espesor, acabado con pintura epoxi color rojo RAL 3000 y puerta semiciega con ventana de metacrilato de acero de 1,2 mm de espesor, acabado con pintura epoxi color rojo RAL 3000; devanadera metálica giratoria abatible 180° permitiendo la extracción de la manguera en cualquier dirección, pintada en rojo epoxi, con alimentación axial; manguera plana de 20 m de longitud; lanza de tres efectos (cierre, pulverización y chorro compacto) construida en plástico ABS y válvula de cierre de asiento de 45 mm (1 1/2"), de latón, con manómetro 0-16 bar, colocada en paramento. Incluso accesorios y elementos de fijación. Totalmente montada, conexionada y probada.	NAVE	8				8,00			
			MARQUESINA	1				1,00			
								<b>1.5.8</b>	<b>9,00</b>	<b>283,19</b>	<b>2.548,71</b>
<b>1.5.9</b>		<b>HIDRANTES EXTERIORES</b>							<b>4,00</b>	<b>657,12</b>	<b>2.628,48</b>
		Suministro e instalación de hidrante bajo nivel de tierra, de 4" DN 100 mm de diámetro, con dos salidas de 1 1/2" DN 45 mm, racores, tapones y arqueta. Certificado por AENOR. Incluso elementos de fijación. Totalmente montado, conexionado y probado.	HIDRANTES DE ARQUETA	4				4,00			
								<b>1.5.9</b>	<b>4,00</b>	<b>657,12</b>	<b>2.628,48</b>

Cód.	Ud.	Resumen	Comentario	N	Long	Anch	Alt	Parcial	CanPres	PrPres	ImpPres
<b>1.5</b>		<b>INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS</b>							<b>1,00</b>	<b>106.522,12</b>	<b>106.522,12</b>
<b>1.5.10</b>		<b>ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b>							<b>15,00</b>	<b>65,82</b>	<b>987,30</b>
		Suministro e instalación de luminaria de emergencia, empotrada en pared, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes, carcasa de 245x110x58 mm, clase II, IP 42, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h. Incluso accesorios, elementos de anclaje y material auxiliar. Totalmente montada, conexiónada y probada.									
			CASETA	1				1,00			
				14				14,00			
								<b>1.5.10</b>	<b>15,00</b>	<b>65,82</b>	<b>987,30</b>
<b>1.5.11</b>		<b>SEÑALIZACION MEDIOS DE EVACUACIÓN</b>							<b>76,00</b>	<b>7,52</b>	<b>571,52</b>
		Suministro y colocación de placa de señalización de medios de evacuación, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x297 mm									
			CARTEL SALIDA EMERGENCIA	14				14,00			
			CARTEL DIRECCIÓN EVACUACIÓN	62				62,00			
								<b>1.5.11</b>	<b>76,00</b>	<b>7,52</b>	<b>571,52</b>
<b>1.5.12</b>		<b>SEÑALIZACIÓN DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS</b>							<b>38,00</b>	<b>7,52</b>	<b>285,76</b>
		Suministro y colocación de placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x297 mm.									
			CARTEL EXTINTOR	18				18,00			
			CARTEL BIE	9				9,00			
			CARTEL PULSADOR ALARMA MANUAL	11				11,00			
								<b>1.5.12</b>	<b>38,00</b>	<b>7,52</b>	<b>285,76</b>
<b>1.5.13</b>		<b>PROTECCIÓN DE ESTRUCTURA METÁLICA, CON PINTURA INTUMESCENTE</b>							<b>1.136,86</b>	<b>68,57</b>	<b>77.954,49</b>
		Formación de protección pasiva contra incendios de estructura metálica mediante la aplicación de revestimiento intumescente, en emulsión acuosa monocomponente, color blanco, acabado mate liso, hasta conseguir una resistencia al fuego de 90 minutos, con un espesor mínimo de 1780 micras. Incluso p/p de raspado de óxidos, limpieza superficial y aplicación de una mano de imprimación selladora de dos componentes, a base de resinas epoxi y fosfato de zinc, color gris, con un rendimiento no menor de 0,125 l/m <sup>2</sup> (para un espesor mínimo de película seca de 50 micras).									
			NAVE	1136,86				1136,86			
								<b>1.5.13</b>	<b>1.136,86</b>	<b>68,57</b>	<b>77.954,49</b>
								<b>1.5</b>	<b>1,00</b>	<b>106.522,12</b>	<b>106.522,12</b>
								<b>TOTAL</b>	<b>1,00</b>	<b>1.0426.68,94</b>	<b>1.042.668,94</b>

#### 4. RESUMEN DE MEDICION Y PRESUPUESTO

Código	Resumen	Euros	Porcentaje
1.1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	5.440,00	0,52%
1.2	CIMENTACIONES	132.128,50	12,67%
1.3	ESTRUCTURA	454.368,86	43,58%
1.4	CUBIERTA Y CERRAMIENTOS	344.208,95	33,01%
1.5	INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	106.522,12	10,22%
<b>TOTAL</b>		<b>1.042.668,43</b>	

El presente presupuesto asciende a la cantidad de:

**UN MILLÓN CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS SESENTA Y OCHO CON CUARENTA TRES  
CÉNTIMOS  
1.042.668,43 €**



# **DOCUMENTO V: PLANOS**

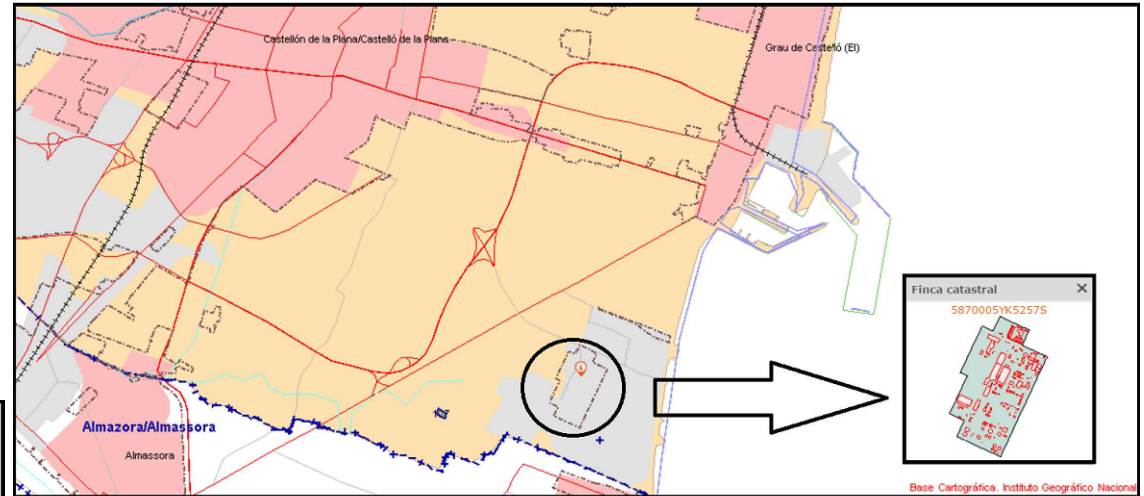
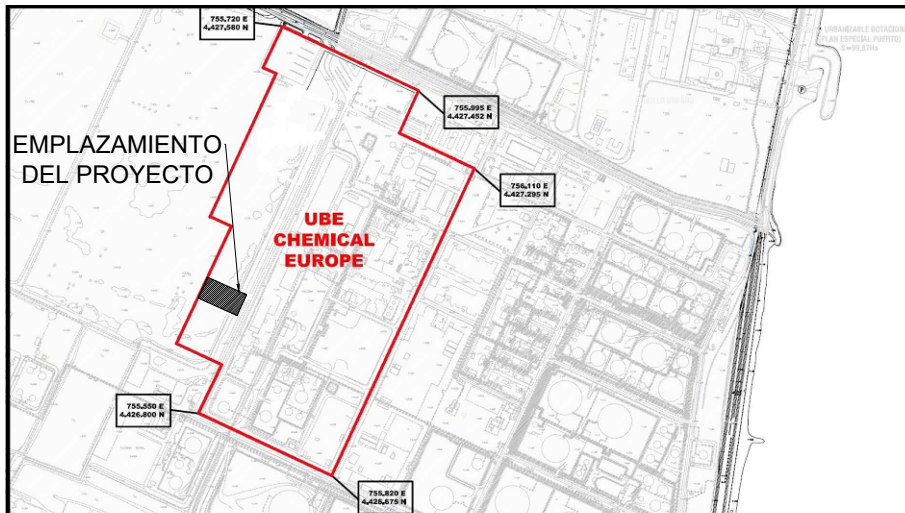


## ÍNDICE PLANOS:

PLANO	DENOMINACIÓN	ESCALA	FORMATO
1	EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN	S/E	A4
2	DISTRIBUCIÓN ZONAS DE PLANTA	1/1000	A1
3	ALZADOS ESTRUCTURA. NAVE INDUSTRIAL. PÓRTICO FACHADA Y PÓRTICO INTERIOR	1/200	A3
4	ALZADOS ESTRUCTURA. NAVE INDUSTRIAL. FACHADADA LATERAL Y 3D	1/500	A3
5	ALZADOS ESTRUCTURA. MARQUESINA Y CASETA	1/200	A3
6	ALZADOS ESTRUCTURA. 3D MARQUESINA Y CASETA	1/200	A3
7	ENTRAMADO CUBIERTA NAVE Y MARQUESINA, Y FORJADO CASETA	1/200	A2
8	PLANTA DE CIMENTACIONES	1/200	A2
9	DETALLES DE CIMENTACIONES Y PLACAS DE ANCLAJE	1/500	A3
10	SISTEMA CONTRA INCENDIOS. DISTRIBUCIÓN ROCIADORES	1/200	A2
11	SISTEMA CONTRA INCENDIOS. RESTO DE PROTECCIONES	1/200	A2



**ESCALA 1/5000**



**Título TFG:**

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

**Carrera:**

GRADO EN INGENIERA MECÁNICA

**Ingeniero:**

ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA

**Tutor:**

DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO

**Situación:**

POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN

**Escala:** S:E

**Nº del Plano:** 1

**Título del Plano:**

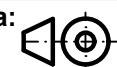
EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN

**Uni. dimensional:**  
mm

**Convocatoria:**

NOVIEMBRE 2016

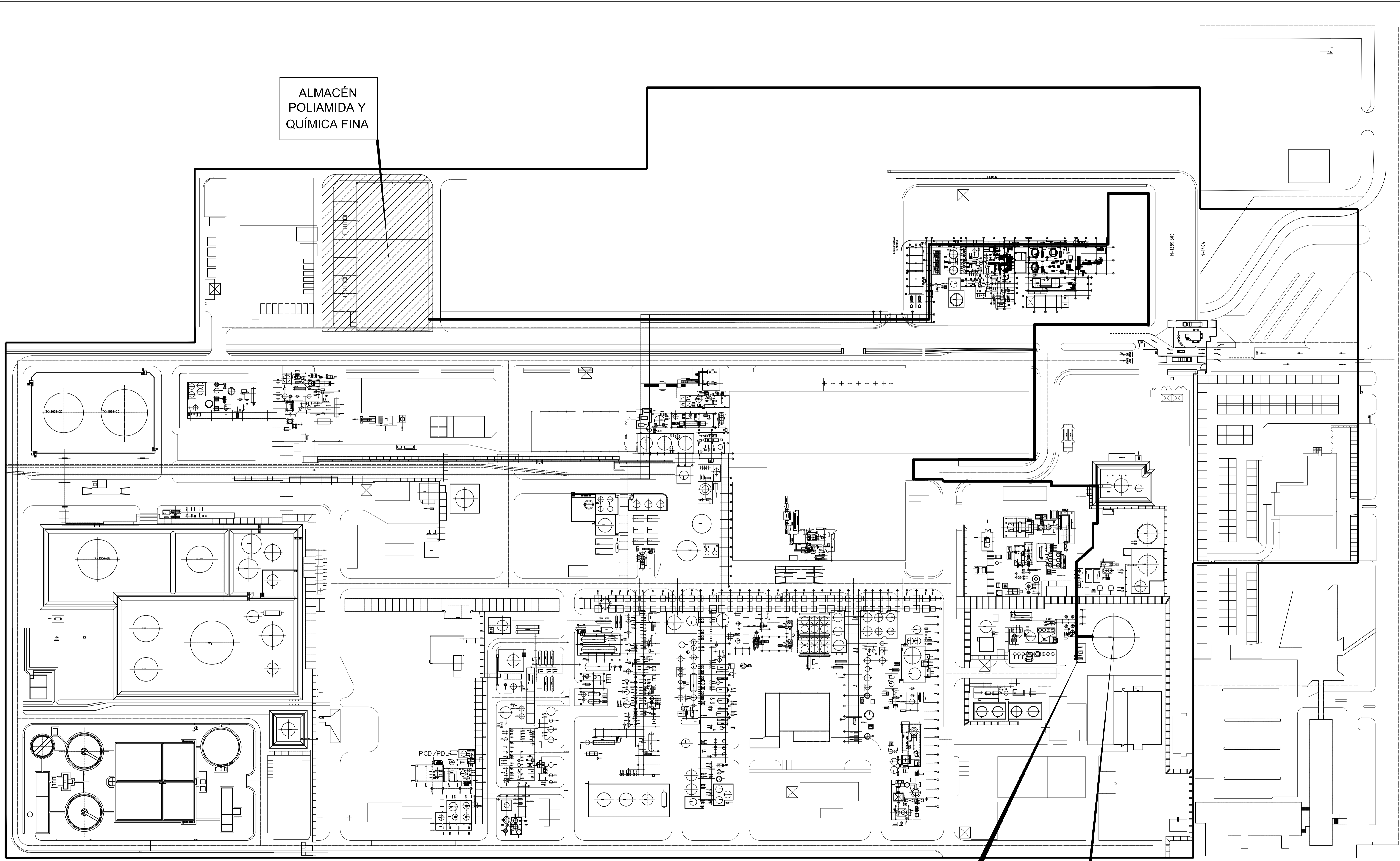
**Sistema:**



**UNIVERSITAT  
JAUME·I**



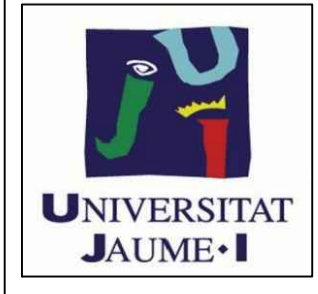
ALMACÉN  
POLIAMIDA Y  
QUÍMICA FINA



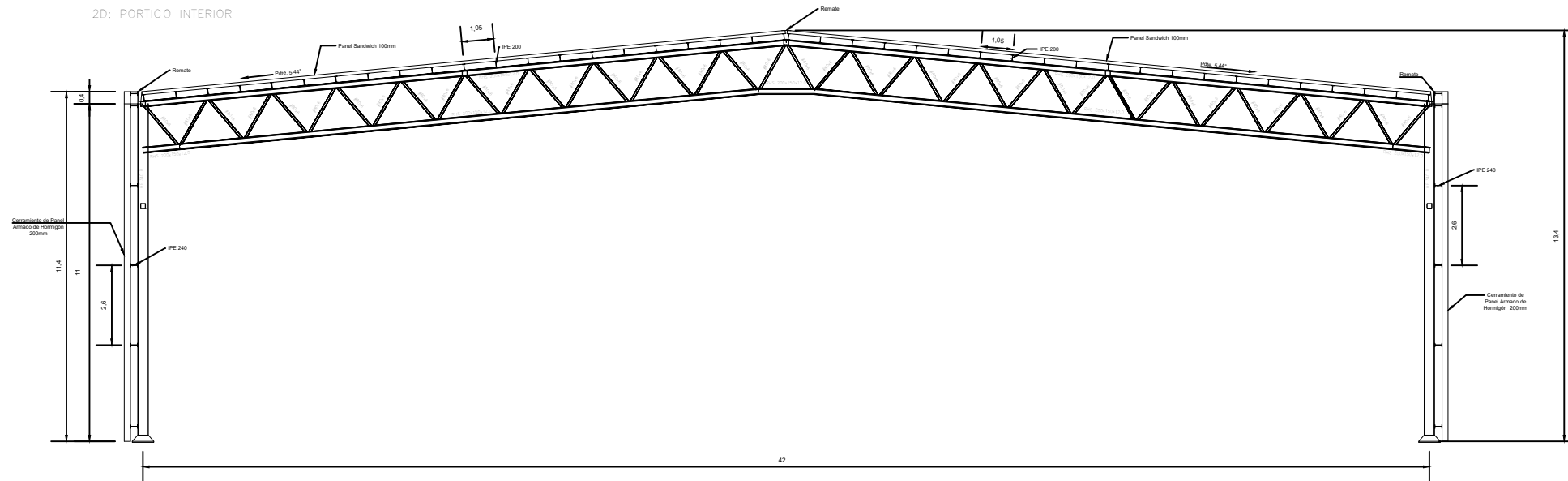
GRUPO DE  
ABASTECIMIENTO  
DE AGUA CONTRA  
INCENDIOS

TANQUE  
PRINCIPAL  
(6873 m<sup>3</sup>)

<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE "POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA	
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA		<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEROID	
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLÓN", GRAO DE CASTELLÓN		<b>Escala:</b> 1:1000	
<b>Título del Plano:</b> DISTRIBUCIÓN ZONAS DE PLANTA		<b>Nº del Plano:</b> 2	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016		<b>Un. dimensional:</b> mm	
		<b>Sistema:</b>	

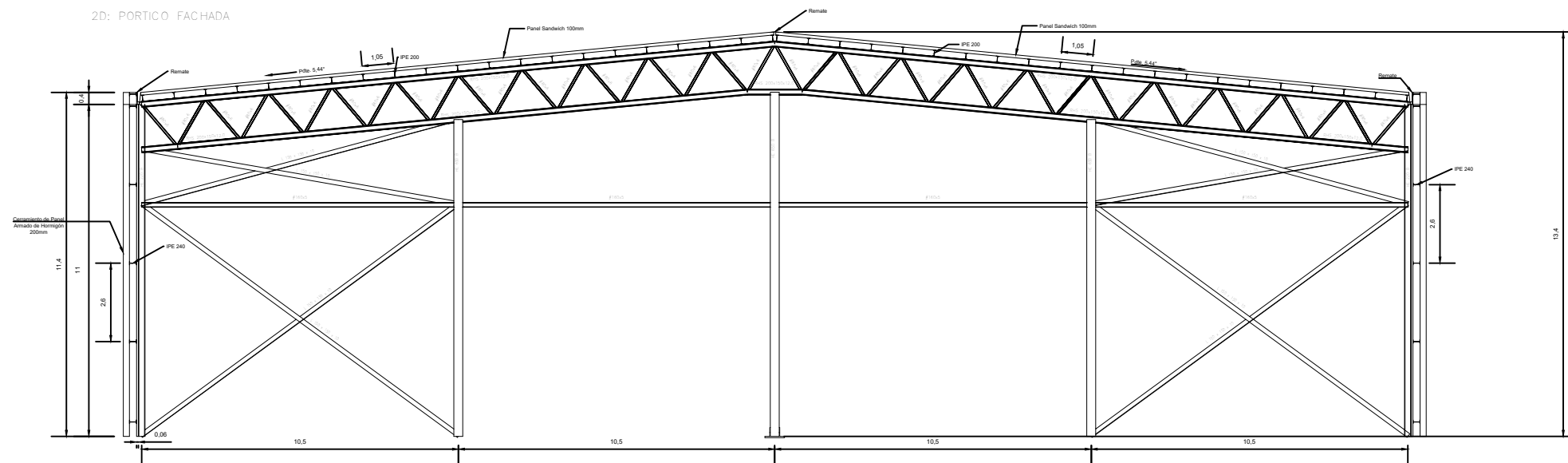


2D: PORTICO INTERIOR



Separación entre pórticos (m): 10.73  
 Correas en cubiertas  
 Tipo de Acero: S275  
 Tipo de perfil: IPE 200  
 Separación: 1.05 m.  
 Número de correas: 42  
 Peso lineal: 939.64 kg/m  
 Correas en laterales  
 Tipo de Acero: S275  
 Tipo de perfil: IPE 240  
 Separación: 2.60 m.  
 Número de correas: 10  
 Peso lineal: 336.94 kg/m

2D: PORTICO FACHADA



**Título TFG:**  
 DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA " Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.

**Carrera:**  
 GRADO EN INGENIERA MECÁNICA

**Ingeniero:**  
 ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA

**Tutor:**  
 DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO


**Situación:**  
 POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN

**Escala:** 1:200  
**Nº del Plano:** 3

**Título del Plano:**  
 ALZADOS ESTRUCTURA. NAVE INDUSTRIAL. PF Y PI

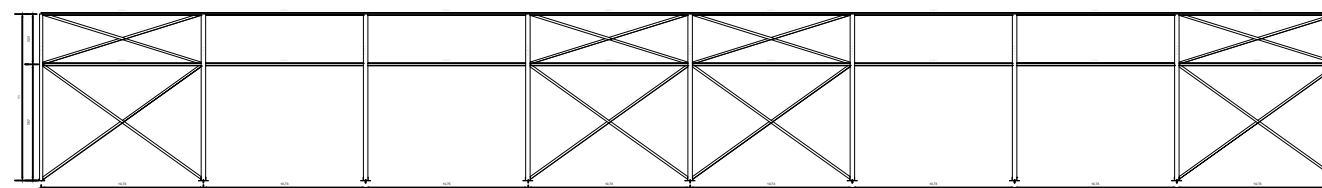
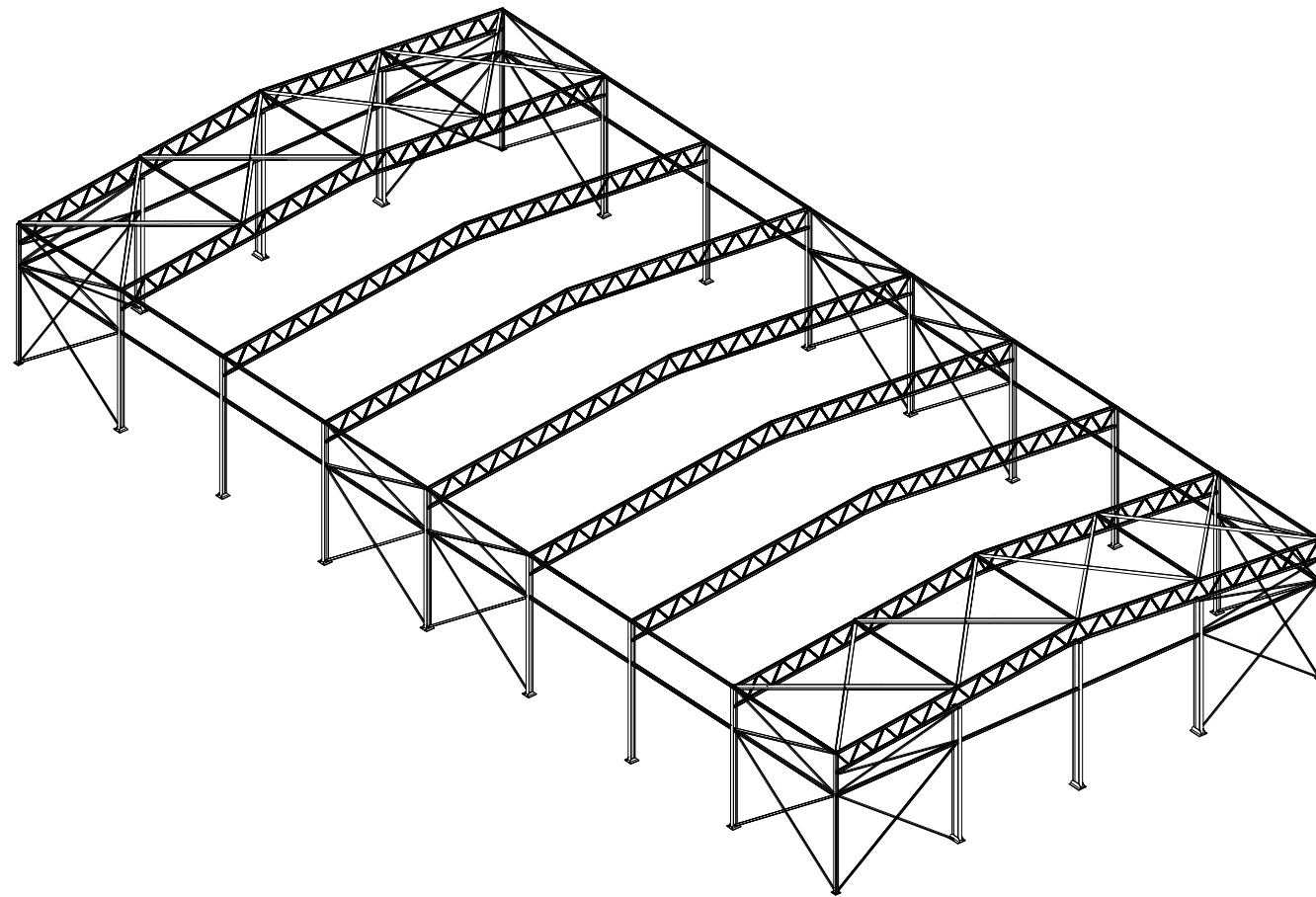
**Uni. dimensional:**  
 mm

**Convocatoria:**  
 NOVIEMBRE 2016

**Sistema:** 

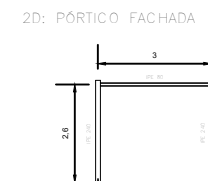
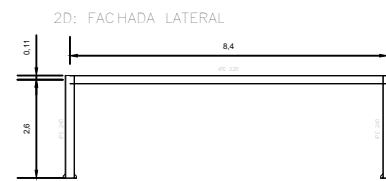




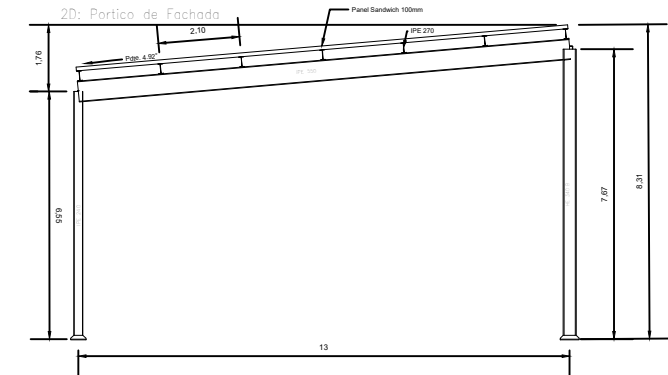


<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA	<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN	<b>Escala:</b> 1:500 <b>Nº del Plano:</b> 4	
<b>Título del Plano:</b> ALZADOS ESTRUCTURA. NAVE INDUSTRIAL. FL Y 3D	<b>Uni. dimensional:</b> mm	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016	<b>Sistema:</b> 	

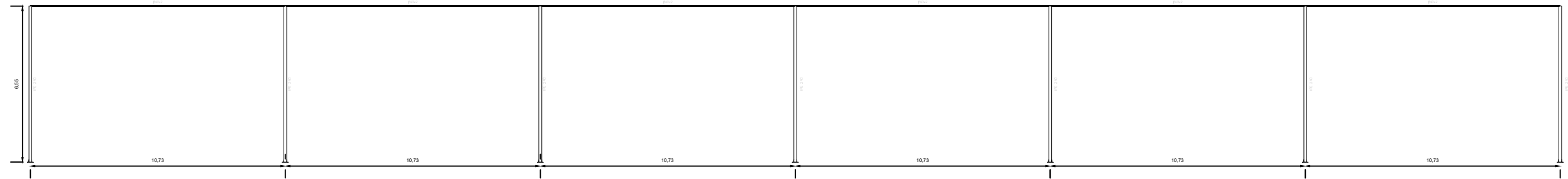




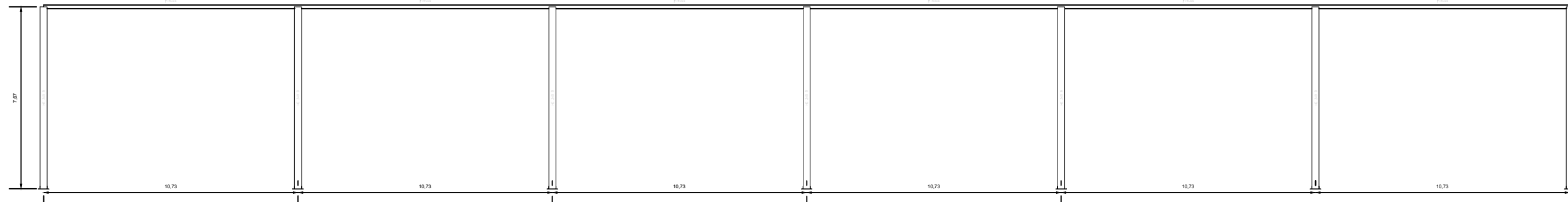
Separación entre pórticos (m): 10.73  
 Correas en cubiertas:  
 Tipo de Acero: S275  
 Tipo de perfil: PE 270  
 Separación: 2.10 m  
 Número de correas: 7  
 Peso (kN/m): 232.72 kg/m

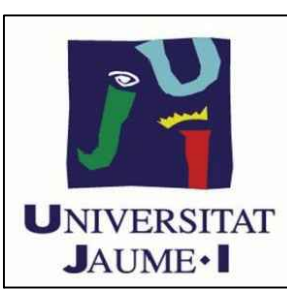
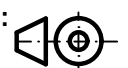


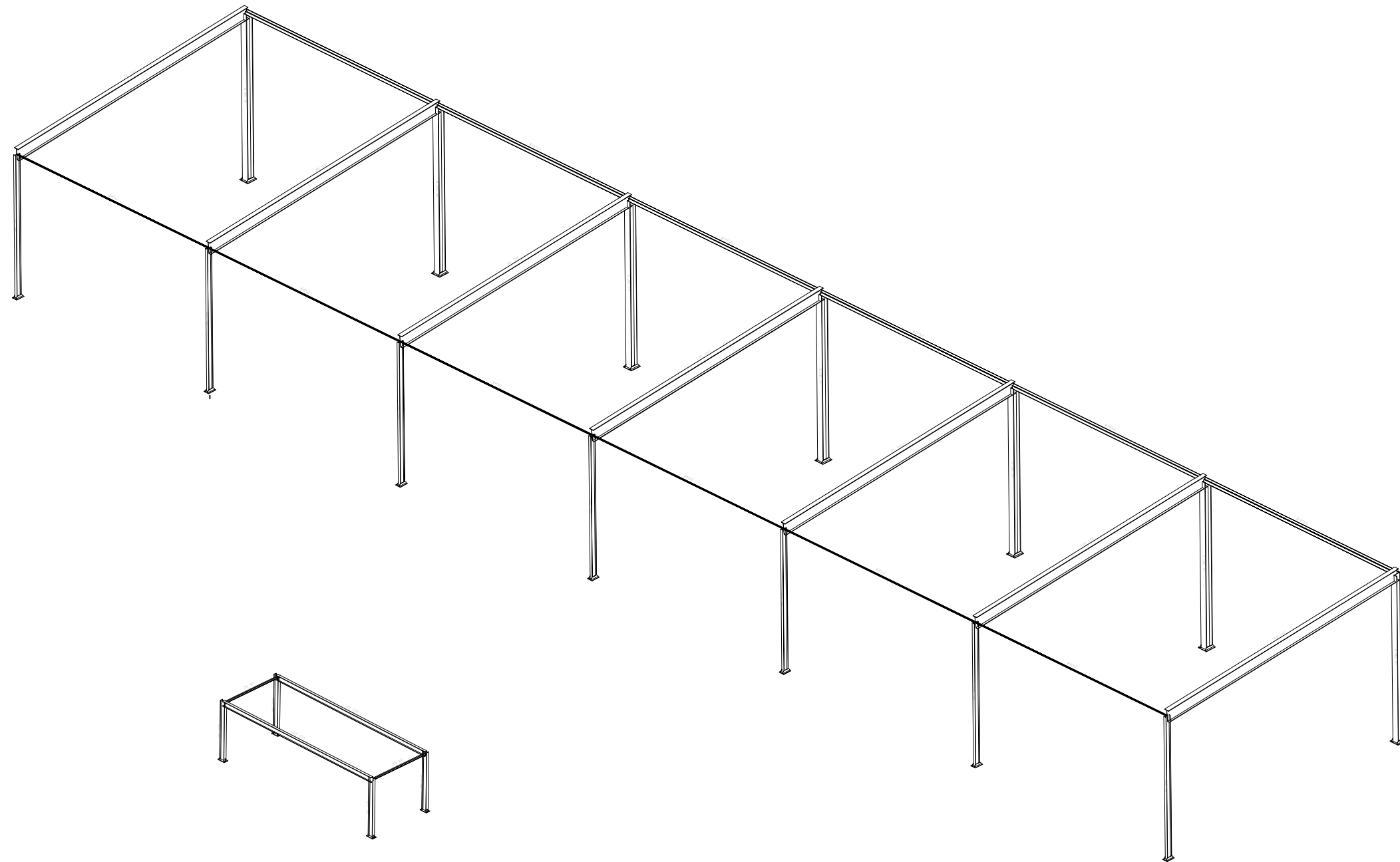
2D: Fachada Lateral Izquierda





2D: Fachada Lateral Derecha

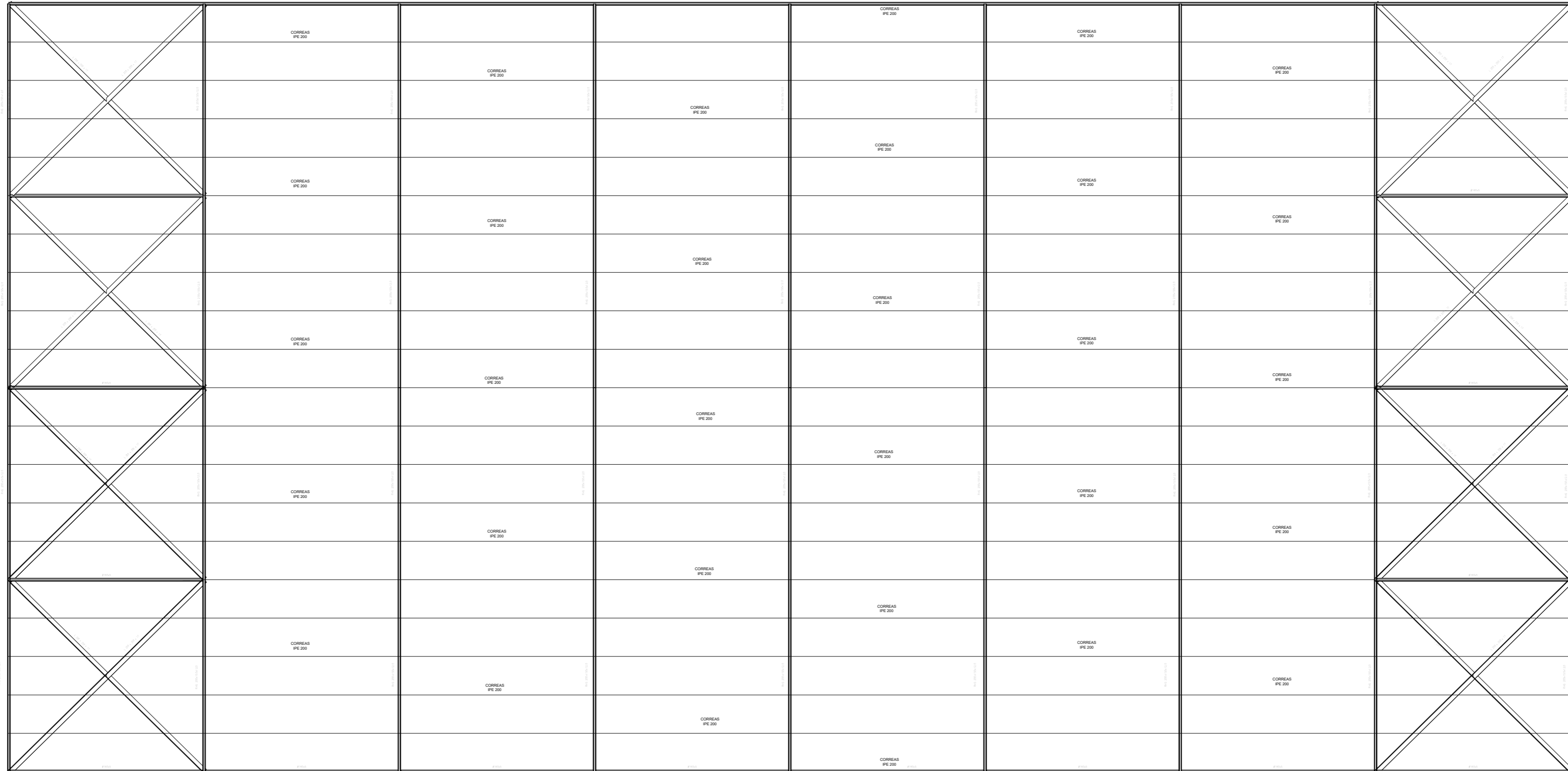


<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA " Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA	<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN	<b>Escala:</b> 1:200	
<b>Título del Plano:</b> ALZADOS ESTRUCTURA. MARQUESINA Y CASETA	<b>Nº del Plano:</b> 5	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016	<b>Uni. dimensional:</b> mm	
	<b>Sistema:</b> 	

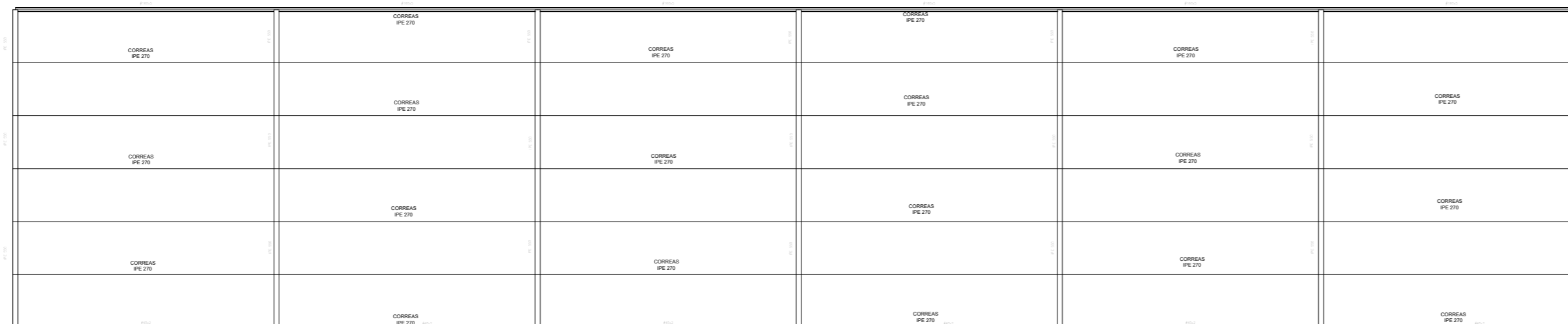


<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA	<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	 <b>UNIVERSITAT JAUME·I</b>
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN	<b>Escala:</b> 1:200 <b>Nº del Plano:</b> 6	
<b>Título del Plano:</b> ALZADOS ESTRUCTURA. 3D MARQUESINA Y CASETA	<b>Uni. dimensional:</b> mm	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016	<b>Sistema:</b> 	

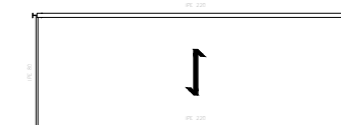
2D: FALDON CUBIERTA DER



Entramado de Cubierta Marquesina



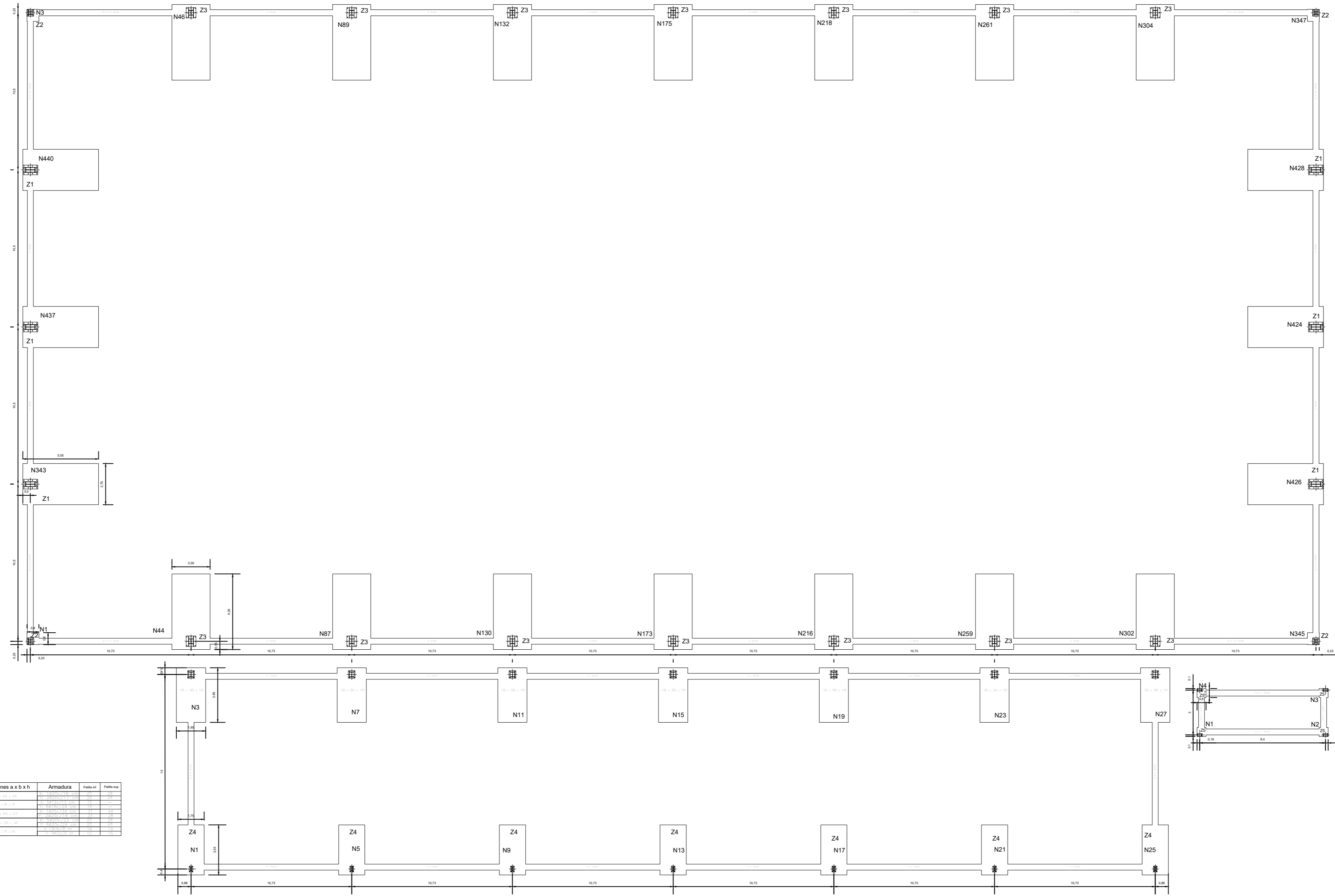
2D: Forjado



<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA		<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN		<b>Escala:</b> 1:200
<b>Título del Plano:</b> ENTRAMADO CUBIERTA NAVE Y MARQUESINA Y FORJADO CASETA		<b>Nº del Plano:</b> 7
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016		<b>Uni. dimensional:</b> mm
		<b>Sistema:</b>



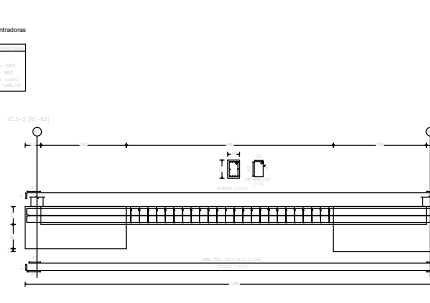
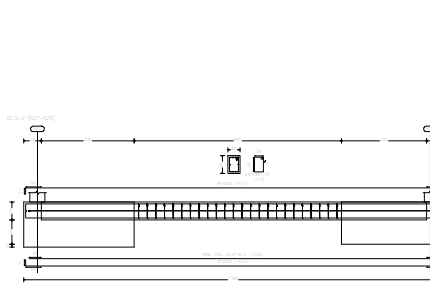
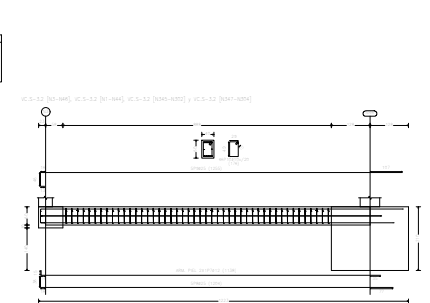
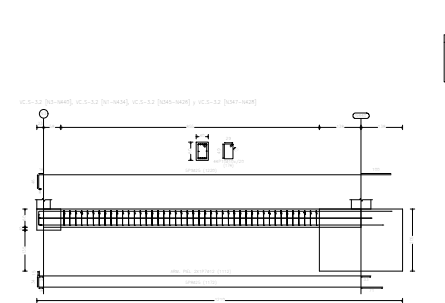
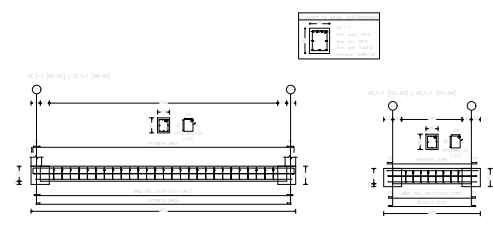
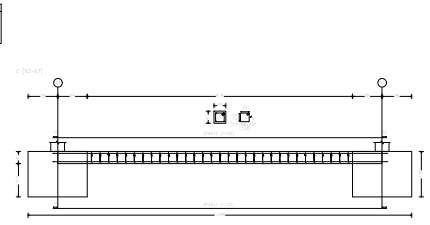
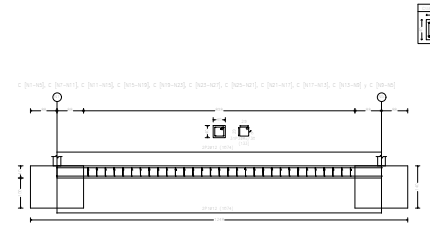
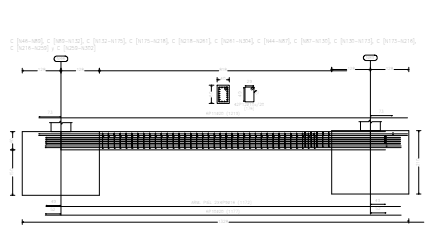
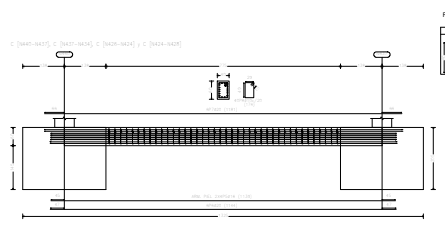
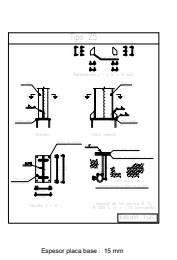
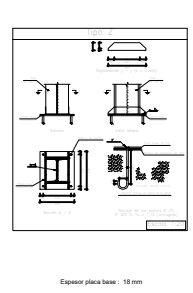
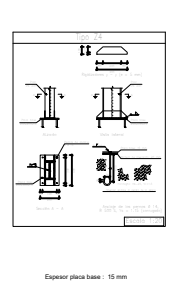
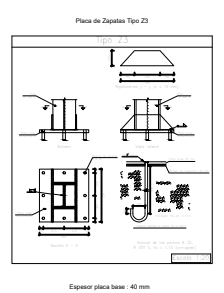
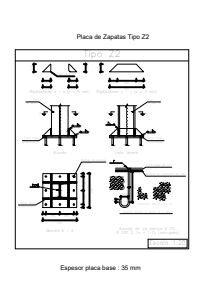
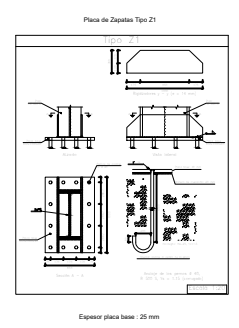
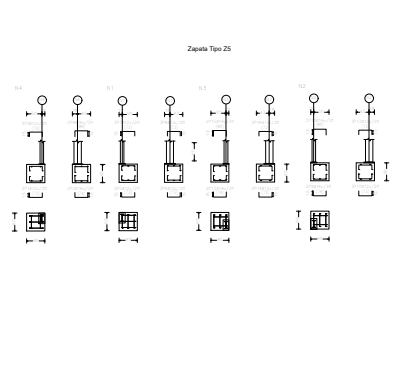
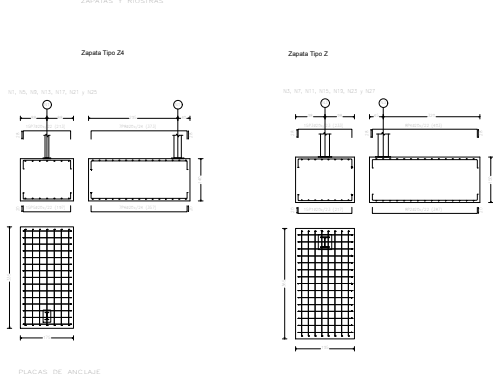
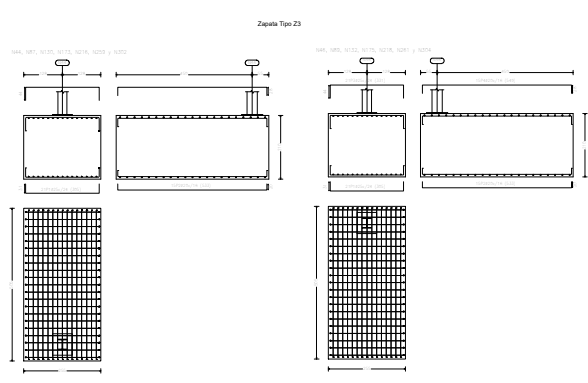
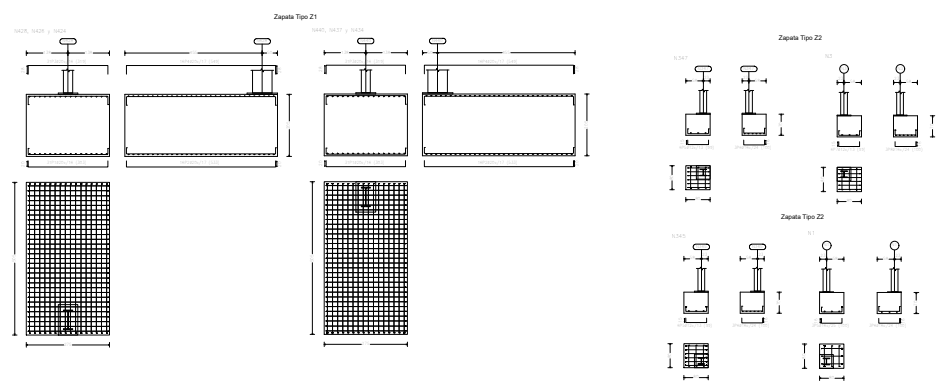
Planta de cimentaciones




Tipo	Tipo	Dimensiones a x b x h	Armadura	Puede ser	Puede ser
Z1	Medanera	10.75 x 0.8 x 0.8			
Z2	Esquina	10.75 x 0.8 x 0.8			
Z3	Medanera	10.75 x 0.8 x 0.8			
Z4	Medanera	10.75 x 0.8 x 0.8			
Z5	Esquina	10.75 x 0.8 x 0.8			

<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERIA MECÁNICA	
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA		<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN		<b>Escala:</b> 1:200 <b>Nº del Plano:</b> 8	
<b>Título del Plano:</b> PLANTA DE CIMENTACIONES		<b>Uni. dimensional:</b> mm	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016		<b>Sistema:</b>	

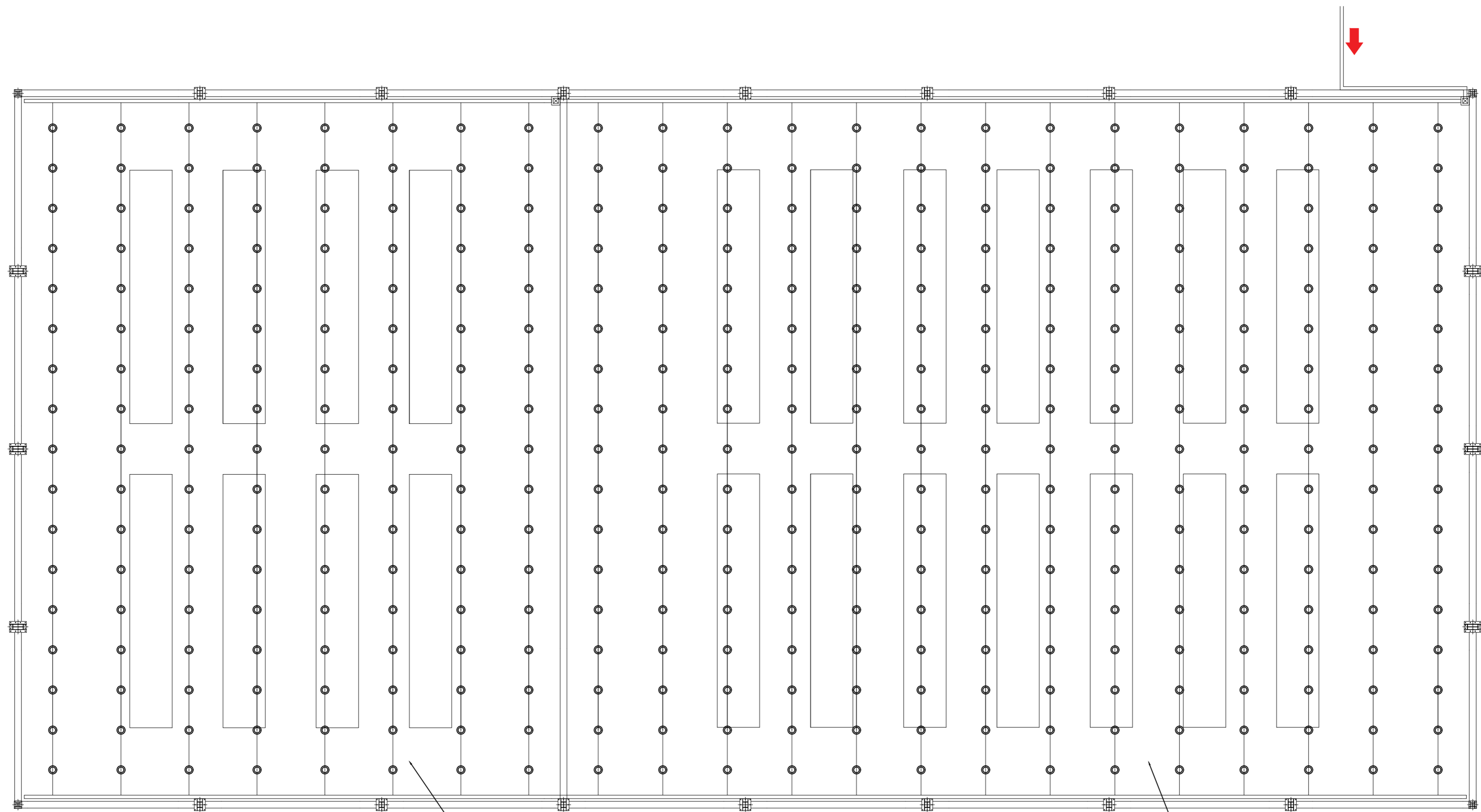




Tip	Tip	Dimensiones L x B x H	Material	Color
1	1	1000 x 1000 x 100	AC-308	Verde
2	2	1000 x 1000 x 100	AC-308	Verde
3	3	1000 x 1000 x 100	AC-308	Verde
4	4	1000 x 1000 x 100	AC-308	Verde
5	5	1000 x 1000 x 100	AC-308	Verde

<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA " Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA	
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA		<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN		<b>Escala:</b> 1:500 <b>Nº del Plano:</b> 9	
<b>Título del Plano:</b> DETALLES DE CIMENTACIONES Y PLACAS DE ANCLAJE		<b>Uni. dimensional:</b> mm	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016		<b>Sistema:</b> 	






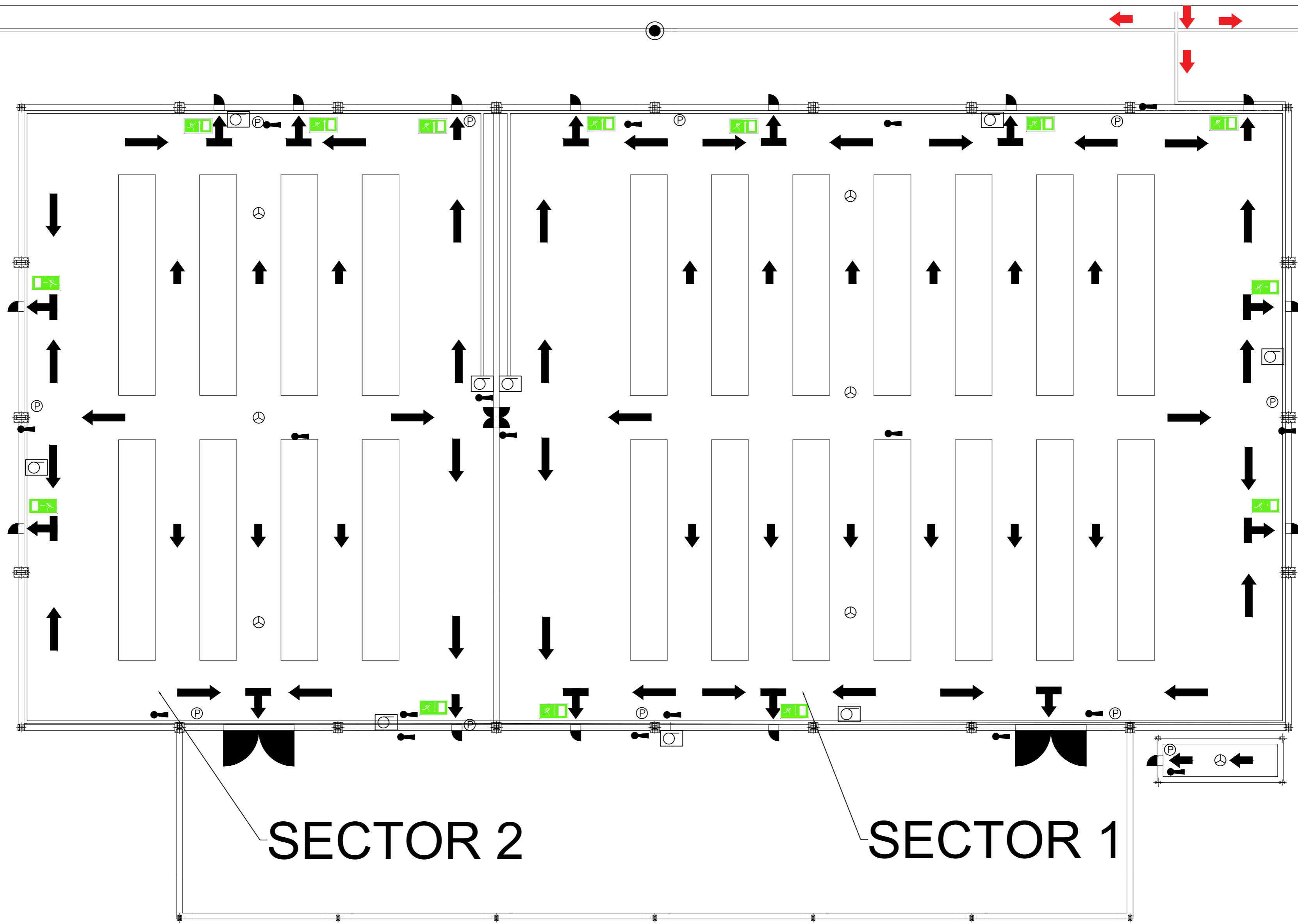
# SECTOR 2

# SECTOR 1

LEYENDA	
	HIDRANTE
	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA / 45 mm
	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE
	SALIDA DE EMERGENCIA
	COLECTORES ROCIADORES
	ROCIADOR DE AMPOLLA VERDE
	PULSADOR DE ALARMA
	DETECTOR IONICO
	RECORRIDOS DE EVACUACIÓN
	PUESTO DE CONTROL

Tipo	Numero total
ROCIADORES COLOCADOS	136+238=374

<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE "POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA	<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN	<b>Escala:</b> 1:200	
<b>Título del Plano:</b> SISTEMA CONTRA INCENDIOS. DISTRIBUCIÓN ROCIADORES	<b>Nº del Plano:</b> 10	
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016	<b>Uni. dimensional:</b> mm	
<b>Sistema:</b>		



SECTOR 2

SECTOR 1

Tipo	Numero total
SALIDAS DE EMERGENCIA	14
PULSADORES DE ALARMA	10+1=11
HIDRANTES	4
EXTINTORES DE INCENDIO	14+3+1=18
BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS	8+1=9
DETECTOR AUTOMÁTICO	6+1=6

LEYENDA			
	HIDRANTE		ROCIADOR DE AMPOLLA VERDE
	BOCA DE INCENDIO EQUIPADA / 45 mm		PULSADOR DE ALARMA
	EXTINTOR DE POLVO POLIVALENTE		DETECTOR IONICO
	SALIDA DE EMERGENCIA		RECORRIDOS DE EVACUACIÓN
	TUBERIAS BIE Y HIDRANTES		PUESTO DE CONTROL

<b>Título TFG:</b> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA ESTRUCTURA DE UNA NAVE INDUSTRIAL EMPLEADA COMO ALMACÉN DE " POLIAMIDAS Y QUÍMICA FINA" Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.		<b>Carrera:</b> GRADO EN INGENIERA MECÁNICA
<b>Ingeniero:</b> ENRIQUE MANUEL CABALLERO BARBA	<b>Tutor:</b> DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO	
<b>Situación:</b> POLIGONO INDUSTRIAL "EL SERRALLO", GRAO DE CASTELLÓN	<b>Escala:</b> 1:200	
<b>Título del Plano:</b> SISTEMA CONTRA INCENDIOS. RESTO DE PROTECCIONES	<b>Nº del Plano:</b> 11	<b>Uni. dimensional:</b> mm
<b>Convocatoria:</b> NOVIEMBRE 2016	<b>Sistema:</b> 	