CAPÍTULO 2: MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1. Informe geotécnico de la zona

Una empresa externa será la responsable de evaluar las propiedades geotécnicas del recinto, realizar la estratigrafía y de calcular la resistencia del terreno. De los terrenos que se ubican en los alrededores hemos podido obtener la información a la que se someten a un terreno arcilloso duro de 2,5 kg/cm^2 (dicho valor es necesario para el cálculo de la cimentación de nuestra nave) y un nivel freático que no afecta a la estructura. Si la resistencia del terreno fuera significativamente menor o si se hallase de un nivel freático que afectase a la estructura, habría que realizar los cambios pertinentes en el cálculo y diseño antes de realizar la construcción de la nave industrial.

El arquitecto técnico del Ayuntamiento del polígono industrial "La Barruana" de Sant Vicenç dels Horts nos a subministrado el plano topográfico de la zona de "La Barruana". Se extrae de la topografía del terreno que el emplazamiento tiene una altitud promedia de 42,7 m.

A partir del índice de edificación de 1,6 m^2·st/m^2·s, resulta totalmente aceptado puesto que asumimos que el área construida es mucho menor que la superficie del predio. En el Anejo 1, apartado de estudio de seguridad y salud para las obras de construcción, se expone con mayor claridad los procedimientos que se realizarán.

Figura 4. *Imagen del plano topográfico del emplazamiento.*

2.1.1. Trabajo previsto y acondicionamiento del terreno

Se señalizará la obra, una limpieza de la parcela, dejando totalmente libre la vegetación existente, y la creación de caminos que utilizarán los obreros y las máquinas. La parcela escogida es de suelo plano, sin demasiados desniveles en el terreno, lo que facilita el proceso de desmonte y terraplén.

2.1.2. Movimiento de tierras y explanaciones

Se tenderá a que el movimiento de tierras se adapte al paisaje natural dentro de las necesidades de la zonificación y viales. Regulando la superficie del terreno, eliminando los residuos (desbroce) y la tierra vegetal derivado de los usos anteriores.

Compactación de la superficie, saneamiento de los agujeros mediante arena granulada, excavación de zanjas de cimentación y de zanjas para el alcantarillado.

2.2. Acciones en la edificación

Las acciones en la edificación que se consideran en la estructura son las establecidas por el CTE DB SE-AE y el período de servicio durante el cual el edificio debe asegurar, con la fiabilidad requerida, la estabilidad de su conjunto y la resistencia necesaria, se considera de 50 años. Según dicha norma, la clasificación de las acciones es la siguiente:

2.2.1. Cargas permanentes

2.2.1.1. Peso propio

El peso propio debe tener en cuenta los elementos estructurales, los cerramientos, los elementos separadores, los revestimientos, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, rellenos y equipo fijo. Cada uno de los elementos estructurales en función de los perfiles y material de la estructura. El peso propio de la estructura es de calculado en el anejo 2, apartado 1.1. es de aproximadamente 3568 kN (364116kp).

2.2.1.2. Pretensado

Las acciones debidas al pretensado y la limitación de las fuerzas de pretensado de los tendones que constituye la armadura activa de cada elemento estructural cumplirá con la EHE-08.

2.2.1.3. Acciones del terreno

Las acciones del terreno son producidas por el empuje activo o pasivo del terreno sobre las partes de la estructura en contacto con él. Para el cálculo de la cimentación de las zapatas se tendrá en cuenta un valor de 2,5 kg/cm^2 del terreno arcilloso duro al que se somete la estructura.

2.2.2. Cargas variables

Acciones que no actúan de forma permanente sobre la estructura, sino que se dan en determinadas situaciones de carga. Podemos distinguir en nuestra estructura las siguientes:

2.2.2.1. Sobrecarga de uso

Debido al peso de los elementos que pueden gravitar durante el uso, incluso durante la ejecución, dispondremos de unas cubiertas no ligeras y accesibles para la conservación del lucernario, las placas térmicas solares o algún otro desperfecto que se pueda generar.

La sobrecarga de la cubierta corresponde con la Categoría G1, puesto que la pendiente de los faldones es del 20%, inferior a los 20º. Nuestra sobrecarga de uso, uniforme y no concomitante con el resto de acciones variables, es de 1 kN/m^2.

Para las plantas de la oficina será necesaria una Categoría C1, con una sobrecarga de uso uniforme de 3 kN/m^2, puesto que es zona de superficie al publico (Zona con mesas y sillas). No hay reducción de cargas porque los elementos portantes horizontales y los elementos verticales no tienen un valor significativo.

2.2.2.2. Viento

Es la acción del viento que ejerce sobre la estructura producida por las presiones y succiones. Los diferentes factores que tenemos en cuenta para utilizar en el "Generador de pórticos" de CYPE son los siguientes:

- Nuestra estructura está localizada en la Zona eólica C, con una velocidad básica del viento de 29 m/s, estimado en función de un periodo de servicio de 50 años.
- En cuanto al entorno de la estructura se nos presenta un grado de aspereza IV. Zona urbana, industrial o forestal.
- La profundidad de la nave es de 30 m más 5 m de almacén con distinta altura.
- La distribución de huecos de la nave comporta a tener una sobrepresión o a uno presión interior. Influye la altura media ponderada (AMP) y el área de cada puerta de acceso y ventana que se sitúa en cada fachada. Los huecos son los siguientes:

Tabla 3. *Área de los huecos y AMP de cada fachada de la nave industrial.*

Fachada	Área [m^2]	Altura media ponderada [m]
Frontal	28	2,71
Trasera	7	4,21
Izquierda	8	3,25
Derecha	8	3,5

En el Anejo 2 de cálculos, parte 1.2.2., se demuestran los valores obtenidos y otras características de la presión del viento.

2.2.2.3. Acciones térmicas

La magnitud de las acciones térmica dependen de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos de los acabado o revestimientos, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico sometiendo a los elementos de la estructura a deformaciones y cambios geométricos. No es necesario de juntas de dilatación porque no tendremos elementos continuos estructurales de hormigón o acero de más de 40 m de longitud, por lo que no se considerarán las acciones térmicas.

2.2.2.4. Nieve

Debido al peso de la nieve sobre la superficie de la cubierta obtenemos los siguientes valores de nuestra estructura:

- El emplazamiento de la nave está localizado en la zona de clima invernal 2. A una altitud topográfica de 42,7 m.
- La exposición del viento es normal.

- La cubierta no tiene resaltos y la nieve no se almacenará en el alero.

2.2.3. Cargas accidentales

Las cargas accidentales son aquellas acciones que ocurren de forma fortuita e inesperada en la estructura y frente a las cuáles debe estar preparada. Dentro de esta clasificación podemos encontrar las acciones debidas a movimientos sísmicos, incendios e impactos. Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio están definidas en el DB-SI y se detallarán en el siguiente apartado, 2.3. Resistencia al fuego de la estructura. En cuanto a las cargas de impactos, no se tendrán en cuenta.

Según la norma sismorresistente NCSE-02 en su apartado de criterios de aplicación, no es obligatorio aplicar dicha norma es construcciones de moderada importancia, es decir, aquellas construcciones con probabilidad despreciable de que su destrucción por terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario o producir daños económicos a terceros. La nave estará situada en una zona de muy baja actividad sísmica, con una aceleración sísmica básica a_b igual a 0,04 g (siendo g la aceleración de la gravedad) en el municipio de "Sant Vicenç dels Horts", por lo que no tendría sentido el considerar dichas cargas puesto que aumenta los tiempos de cálculo y encarece la estructura sin aportarnos ninguna mejora.

2.2.4. Hipótesis de cargas

De todas las acciones comentadas anteriormente se hará uso de la herramienta de cálculo "Nuevo Metal 3D" de CYPE para calcular todas las hipótesis de cargas que pueden afectar a la estructura. Con todos estos datos, el "Generador de Pórticos" generará la carga permanente, la sobrecarga de uso, 3 sobrecargas de nieve y 12 hipótesis de viento.

La carga permanente la generará a partir del peso de cada elemento que sostiene la nave industrial más el peso de 5 kN/m^2 impuesto de la entreplanta. Los valores obtenidos se muestran en el Anejo 2 de cálculos, capítulo 1.1.

La sobrecarga de uso por el peso al que puede ser afectado la cubierta de la nave más el de la entreplanta. Estos datos se demuestran en el Anejo 2 de cálculos, capítulo 1.2.1.

En cuanto a las cargas de nieve, de acuerdo con estos datos anteriores se generará 3 hipótesis de nieve combinables entre sí. Los datos obtenidos se extraen en el Anejo 2, capítulo 1.2.4.; y se identificarán con los siguientes nombres:

Tabla 4. *Superficie aplicada para cada hipótesis de nieve.*

Hipótesis de carga de nieve	Superficie aplicada
Nieve simétrica	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
Asimétrica izquierda	Cubierta a dos aguas
Asimétrica derecha	Cubierta a dos aguas

Será importante recordar dichas hipótesis de viento, pues será con las que tengamos que trabajar a lo largo de todo el proyecto. Los nombres por los que las identificaremos las cargas estáticas de viento serán:

Tabla 5. *Superficie aplicada para cada hipótesis de viento.*

Hipótesis de carga estática	Superficie aplicada
0 grados. Máxima presión interior tipo 1. Máxima presión exterior.	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
0 grados. Máxima succión interior tipo 1. Máxima succión exterior.	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
0 grados. Máxima presión interior tipo 2. Máxima presión exterior.	Cubierta a dos aguas
0 grados. Máxima succión interior tipo 2. Máxima succión exterior.	Cubierta a dos aguas
90 grados. Máxima presión interior. Máxima presión exterior	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
90 grados. Máxima succión interior. Máxima succión exterior	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
180 grados. Máxima presión interior tipo 1. Máxima presión exterior.	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
180 grados. Máxima succión interior tipo 1. Máxima succión exterior.	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
180 grados. Máxima presión interior tipo 2. Máxima presión exterior.	Cubierta a dos aguas
180 grados. Máxima succión interior tipo 2. Máxima succión exterior.	Cubierta a dos aguas
270 grados. Máxima presión interior. Máxima presión exterior	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana
270 grados. Máxima succión interior. Máxima succión exterior	Paramentos, Cubierta a dos aguas, Cubierta plana

El número de grados hace referencia al ángulo con el que incide el viento sobre la nave, para cada ángulo existen dos situaciones: que se genere presión interior o bien que se genere succión interior. Así mismo para cada una de las dos situaciones tendremos dos tipos de hipótesis (tipo 1 y tipo 2), las cuales tienen su origen en el CTE-DB-SE-AE, en su Anejo D.

La combinación de los estados límites se encuentra en el Anejo 2, apartado1.4.2.

2.3. Resistencia al fuego de la estructura

2.3.1. Objeto

La resistencia al fuego tiene como objeto establecer y definir las condiciones del establecimiento para su seguridad en caso de incendio, prevenir su aparición y dar una respuesta adecuada. En caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de reducir daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

Para obtener las diferentes características y el cumplimiento de la resistencia al fuego de la estructura nos regiremos por el RSCIEI (Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales).

2.3.2. Caracterización del establecimiento por su nivel de riesgo intrínseco

2.3.2.1. Configuración y ubicación con relación a su entorno

La estructura es del tipo C debido a que el establecimiento ocupa totalmente la nave industrial, y está distanciado a más de 3 m del edificio más próximo de otro establecimiento y libre de elementos intermedios susceptibles capaces de propagar un incendio.

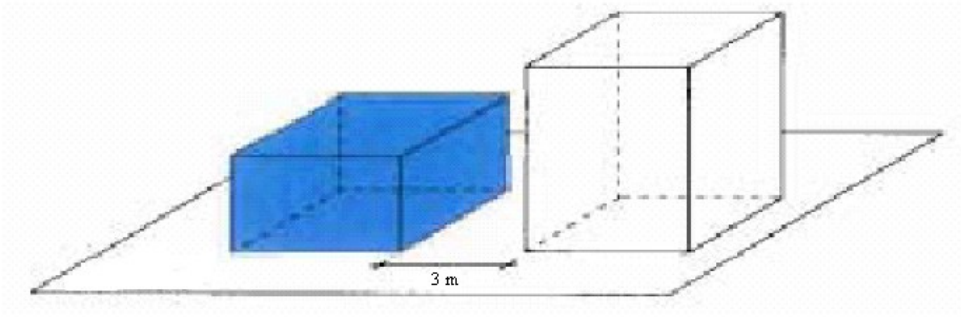


***Figura 5**. Estructura tipo C.*

2.3.2.2. Nivel de riesgo intrínseco

El riesgo intrínseco de cada sector o área se evaluará atendiendo a unos criterios determinados. Cada sector de incendio de la estructura quedará cerrado y protegido por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

De la siguiente tabla se deducirá el nivel de riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial o del conjunto del establecimiento industrial:

***Tabla 6**. Nivel de riesgo intrínseco de un sector de incendio.*

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m²	MJ/m²
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	$3200 < Q_S$	$13600 < Q_S$

La fórmula para el cálculo de riesgo intrínseco para cada sector de incendio se dividirá dependiendo de las actividades que se hacen en cada sector. Los diferentes sectores y sus respectivas actividades en que se fracciona el establecimiento son:

- Zona de fabricación: En este mismo sector coexisten zonas de almacenamiento con zonas de producción, transformación y reparación.
- Zona de almacenamiento: Actividades de almacenamiento.
- Zona administrativa: Oficinas.

Los cálculos que demuestran la densidad de carga de fuego ponderada y corregida para los diversos sectores se encuentran en el Anejo 2, capítulo 2.1. El riesgo intrínseco para el caso más desfavorable en los sectores es el siguiente:

***Tabla 7.** Riesgo intrínseco de cada zona del establecimiento.*

Sector	Densidad de carga de fuego ponderada [MJ/m²]	Riesgo intrínseco
Zona de fabricación	1899	MEDIO 5
Zona de almacenamiento	9760	ALTO 7
Zona administrativa	780	BAJO 2
Conjunto de sectores	2730	MEDIO 5

2.3.2.3. Sectorización

La máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio no supera los valores regidos por el RSCIEI para las superficies construidas sobre rasante.

Tabla 8. *Máxima superficie construida admisible para cada sector de incendio.*

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m^2)	TIPO B (m^2)	TIPO C (m^2)
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	(3)	(3)(4)
6	ADMITIDO	2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

2.3.3. Requisitos y estabilidad de los elementos constructivos

La estabilidad al fuego se define como el tiempo en minutos durante el que un elemento debe mantener la estabilidad mecánica en el ensayo Se considera que la resistencia al fuego del elemento estructural principal de la estructura (incluidos forjados, vigas y soportes), es suficiente si se cumple según lo reglamenta del DB SI -6. Siendo catalogado como riesgo especial medio. Por este motivo la estructura debe contener una resistencia al fuego R-120.

Tabla 9*. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales de zonas de riesgo especial integradas en la estructura según el CTE-DB-SI 6.*

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

Este DB SI-6 del CTE no considera la capacidad portante y sectoriza las diversas áreas de incendio. Aportando más énfasis a estas características nos regiremos por el RSCIEI.

2.3.3.1. Elementos estructurales portantes

Las condiciones y requisitos constructivos y edificatorios que debe cumplir el establecimiento industrial en relación con su seguridad contra incendios permanece normalizado a la norma correspondiente de las incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión y en el RSCIEI. Se entiende como la estructura portante de un edificio la constituida por los siguientes elementos: forjados, vigas, soportes y estructura principal y secundaria de cubierta.

La estabilidad estructural de dichos elementos y la escalera en la entreplanta de oficinas que está sujeta a un recorrido de evacuación no pueden tener un valor menor al indicado en la siguiente tabla:

***Tabla 10**. 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)*

Para los diferentes sectores de incendio de nuestra nave se establecen la siguiente estabilidad al fuego:

***Tabla 11**. Sectores de incendio respecto los elementos estructurales portantes.*

Sector	Estabilidad al fuego
De fabricación	R 60
De almacenamiento	R 90
Administrativo	R60 (R 30)

Puesto que la zona administrativa puede llegar a sufrir un riesgo intrínseco equiparable al de la zona de fabricación en cuanto a los elementos estructurales portantes. Para dicho sector, la estabilidad al fuego la asumiremos a R 60.

Puesto que nuestra nave industrial consta de dos cubiertas ligeras, una plana a un agua y otra inclinada a dos aguas, que no se exceden de los 100 kg/m^2, obtenemos los siguientes valores de riesgo intrínseco, un R 15 para la cubierta a dos aguas y un R 30 para la cubierta de la zona de almacenamiento.

***Tabla 12**. Nivel de riego intrínseco para las cubiertas.*

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*)
Riego alto	R 60 (*EF-60*)	R 30 (*EF-30*)

Las vigas, tirantes y soportes vendrán dadas por un determinado espesor de revestimiento que depende del material que se va a utilizar rigiéndose por la siguiente tabla del CTE-DB-SI Anejo D.

***Tabla 13**. Coeficiente de protección de vigas, tirantes y soportes*

Tiempo estándar de *resistencia al fuego*	Factor de forma A_m/V (m^{-1})	Coeficiente de sobredimensionado $>\mu_{fi}$		
		$0{,}70 > \mu_{fi} \geq 0{,}60$	$0{,}60 > \mu_{fi} \geq 0{,}50$	$0{,}50 > \mu_{fi} \geq 0{,}40$
R 30	30	0,05	0,00(1)	0,00(1)
	50		0,05	0,05
	100			
	150			
	200			
	250	0,10	0,10	
	300			
R 60	30	0,05	0,05	0,05
	50			
	100	0,10	0,10	0,10
	150			
	200	0,15		
	250		0,15	
	300			
R 90	30	0,05	0,05	0,05
	50	0,15	0,10	
	100			0,10
	150		0,15	0,15
	200			
	250	0,20		
	300		0,20	
R 120	30	0,10	0,05	0,05
	50	0,10	0,10	0,10
	100	0,15	0,15	0,15
	150	0,20	0,20	
	200			0,20
	250	0,25		
	300		0,25	
R 180	30	0,10	0,10	0,10
	50	0,15	0,15	0,15
	100	0,25	0,20	0,20
	150		0,25	0,25
	200	0,30		
	250		0,30	
	300			0,30
R 240	30	0,15	0,15	0,10
	50	0,20	0,20	0,15
	100	0,30	0,25	0,25
	150	-	0,30	0,30
	200		-	
	250			-
	300			

Con la ayuda del CYPE, nos permitirá calcular el dimensionamiento de espesor para la misma normativa indicada anteriormente (CTE-DB-SI) de cada elemento que cubriremos con panel de lana de roca. Los resultados obtenidos por CYPE se muestran en el Anejo 2 de cálculos, apartado 2.2.

En cuanto a la cubierta a dos aguas con paneles sándwich y la cubierta Deck para el almacén, cumplirán las características técnicas necesarias de estabilidad al fuego.

2.3.3.2. Elementos constructivos de cerramientos

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida en la Tabla 10 (Estabilidad al fuego de elementos estructurales portantes). Entonces, se entenderá la EF o R(t) como el RF o REI(t) para los cerramientos.

Las exigencias de comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos de cerramientos se definen por los tiempos durante los que dicho elemento debe mantener las siguientes condiciones y también incluidas en la Decisión 2000/367/CE de la Comisión.

La clase de resistencia al fuego de los elementos constructivos debe acreditarse conforme al anexo III del RD 312/2005 conforme los diversos tipos de elementos constructivos.

***Tabla 14**. Clase de resistencia al fuego de los elementos constructivos.*

Tipos de elementos constructivos	*Clase exigida por la reglamentación vigente*	*Clase que debe acreditarse conforme al anexo III*[1]
Portantes sin función de separación frente al fuego	EF-t	Rt
Portantes con función de separación frente al fuego	RF-t	REIt
	PF-t	REt
Particiones con función de separación frente al fuego	RF-t	EIt
	PF-t	Et
Techos con resistencia intrínseca al fuego	RF-t	EIt
Fachadas (muros-cortina) y muros exteriores (incluidos elementos de vidrio)	RF-t	EIt
	PF-t	Et
Suelos elevados	RF-t	REI t-f
Sistemas de obturación de penetraciones de cables y tuberías	RF-t	EIt
Puertas y elementos practicables resistentes al fuego y sus dispositivos de cierre	RF-t	EI_2-C t [2]
	PF-t	E-C t [2]
Puertas de piso de ascensor	PF-t	Et[3]
Conductos y patinillos para instalaciones y servicios	RF-t	EIt
Sistemas de obturación (sellado) de penetraciones de cables y tuberías	RF-t	EIt
Conductos de ventilación y compuertas resistentes al fuego (excluidos los utilizados en sistemas de extracción de calor y humo)	RF-t	EIt
Conductos y compuertas para control de humo y calor en un único sector de incendio	RF-t o PF-t	E_{600} t
Conductos y compuertas resistentes al fuego para control de humo y calor en más de un sector de incendio	RF-t	EIt
Compuertas para control de humo en más de un sector de incendio	RF-t	EIt
Extractores mecánicos (ventiladores) de calor y humo	Funcionamiento durante t minutos a 400 °C	F_{400} t [4]

La pared del establecimiento que acomete a la fachada trasera de la nave industrial que delimita los dos sectores de incendio (almacenamiento y fabricación). La resistencia al fuego de esta será, al menos, será igual a la mitad de la exigida a aquel elemento constructivo, en una franja cuya anchura mayor de 1 m.

En la siguiente figura se especifica el RF necesaria en cada cerramiento (El sector 1 se refiere a la zona de almacenamiento y el sector 2 a la zona de fabricación).

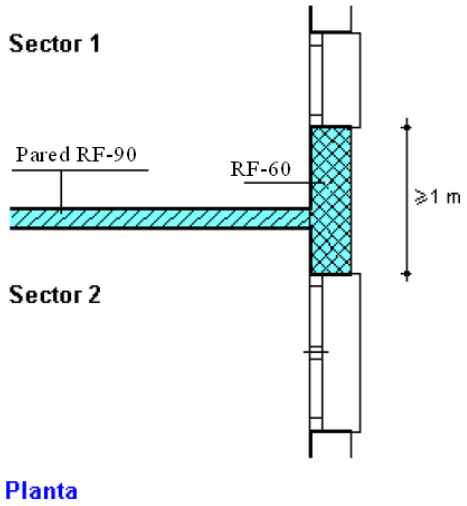


***Figura 6**. Pared que divide el sector de almacenamiento y de fabricación.*

Las puertas que dividen los sectores deberán de tener un riesgo intrínseco al menos de RF/2 del sector colindante más desfavorable. Por lo tanto, las puertas que dividen la zona de fabricación con la de almacenamiento tienen un mínimo de EI_2 45-C5 y las puertas que dividen la zona de fabricación con las oficinas de EI_2 30-C5.

La estabilidad al fuego de la medianería exterior sin función portante colindante al establecimiento nexo se verá bajo una EI-180.

***Tabla 15**. EI de la medianería exterior que divide los establecimientos.*

	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)*

2.3.4. Materiales

La clasificación de los materiales de constricción según su reacción al fuego se rigen por el Real Decreto 312/2005 y la norma UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010. Para los perfiles de acero se utilizará un revestimiento de protección que cumplirá con el CTE-DB-SI 6 y con la resistencia requerida de cada sector con un panel rígido de lana de roca En el Anejo 2 de cálculos, capítulo 2.2., muestran el espesor y el material requerido para cada detalle. Las características técnicas son las siguientes:

- Densidad: 175,0 kg/m^3
- Conductividad: 0,20 W/mK
- Calor específico: 1200,0 J/kg·K

Los cerramientos de la nave industrial serán de paneles prefabricados de hormigón con una RF-90. Las características técnicas de estos paneles son:

- Malla electrosoldada 30x20 y d=5
- Hormigón HA-30
- Armadura de tipo B-500-S

Los cerramientos de las oficinas son de pladur y constará de su aislamiento acústico y térmico de RF-60.

Los productos de revestimientos o acabado superficial deberán cumplir la clase exigida conforme a la norma UNE-23727:1990 (se mostrarán en paréntesis) o estás clases también se acreditan con la norma UNE-EN 13501-1. Los revestimientos mínimos son:

- Suelo: C_{FL}-s1 (M2) mínimo. Forjado de hormigón fratasado para la zona de fabricación y almacenamiento; y forjado sanitario en la zona de oficinas.
- Techos y paredes: C-s3d0 (M2) mínimo. Techo falso de pladur para la entreplanta y techo falso termoacústico DINFOC de Euroclase B para la zona de fabricación.
- Lucernario mínimo en cubierta: B-s1d0 (M1).
- Productos de vidrios y hormigones mínimos: A1 (m0).

2.3.5. Evacuación

La nave dispone de varias salidas de emergencia cumpliendo con las distancias máximas de los recorridos de evacuación de cada sector de incendio. La ocupación P es de 22.

***Tabla 16**. Longitud de 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

- Sector de almacenamiento: 2 salidas de emergencia.
- Sector de fabricación: 1 salida de emergencia. Puesto que la ocupación es inferior a 25 personas la distancia es aumentada a 35 m para un nivel de riesgo intrínseco medio.
- Sector de oficinas: 1 salida de emergencia.

El cumplimiento de la longitud de recorrido de evacuación se puede visualizar en el plano RE-01/02.

Los elementos de la evacuación: origen de evacuación, recorridos de evacuación, altura de evacuación, escaleras, rampas y pasillos móviles y salidas; se definen de acuerdo con el artículo 7 de la NBECPI/96, apartado 7.1. Los cálculos para estos elementos de evacuación se encuentran en el Anejo 2, apartado 2.3., dimensionamiento de salidas, pasillos y escaleras.

2.4. Estructura metálica principal

La estructura se compone de una estructura metálica principal con un material para las barras de acero laminado S 275J0. Dispone de una serie de pórticos paralelos entre sí distanciados 5 m en un conjunto de 6 vanos. Esta modulación se demuestra óptima desde el punto de vista económico, como de la comodidad de la construcción y montaje. La luz de los pórticos que forman la nave industrial es de 24 m, y una longitud de 30 m. También dispone de un almacén de 5 m de longitud, 24 m de anchura y 4 m de altura.

Tendremos que acondicionar la nave a una determinada altura y a una pendiente que van a formar los aleros. Determinamos la altura de nuestra nave de 7,5 m teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Uso de la nave: Para dejar una posible ampliación del proceso productivo creando otro nivel superior para más puestos de trabajo y/o capacidad del almacenaje.
- Precio: Los cerramientos de suplemento de altura y precisar de pilares más robustos aumentan el precio.
- Confort climático: Portará capacidades aislantes en los cerramientos conforme con su altura.
- Confort lumínico: Si la nave es más alta provoca menos contrastes en el plano de trabajo, pero los proyectores deberán ser más potentes y costosos.
- Elementos constructivos internos de la nave: Al disponer de una entreplanta, si a la altura le sumamos un falso techo para tapar instalaciones y el canto del forjado, la jácena la deberemos de colocar a más de 3,2 m. Tenemos que considerar una altura útil para que se pueda trabajar bajo condiciones de salubridad.

Puesto que la nave es relativamente corta y protegida por los cerramientos, no es necesario de juntas de dilatación. La pendiente de los faldones de nuestra nave industrial construida con perfiles metálicos es del 20%. La nave está perimetralmente cerrada, sin anclar a correas laterales y los cerramientos van a descansar en el suelo.

2.4.1. Pórtico

Tal y como se ha explicado en el punto anterior, la nave industrial está formada por una estructura metálica porticada, que forman un conjunto de 7 pórticos con una separación entre ellos de 5 metros, además de otro pórtico de cubierta plana para el almacén separado 5 m del pórtico trasero. Las características principales de los pórticos son las siguientes:

- Los pórticos están biempotrados, los pilares de hormigón van empotrados a sus correspondientes zapatas.
- La estructura la seleccionaremos para un pandeo de pórticos traslacionales. Aunque los paneles de hormigón armado que arriostran los pórticos hastiales en el sentido longitudinal provocan instraslacionalidad al conjunto, los pórticos centrales no sufren ningún tipo de cerramiento, por lo que se considera traslacionales en su plano. Si lo calculásemos como un conjunto intraslacional, los pórticos no cumplirían los requerimientos del CTE, a pesar de que los pórticos hastiales estarán ligeramente sobredimensionados.

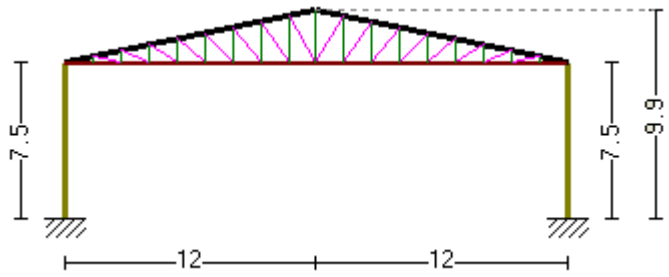


Figura 7. *Celosía americana de los pórticos de nuestra nave industrial.*

2.4.2. Cerchas

Los pórticos de nuestra nave a dos aguas se resuelven con cerchas americanas de 9 tramos para cada lado como se puede observar en la Figura 7, ya que aporta ventajas a los pilares y a la cimentación, porque las cerchas articulan a las cabezas de los pilares para que no les transmitan momentos. Este tipo de celosía es vulnerable al fuego, deberá de estar protegido adecuadamente ocultándolas con falsos techos continuos.

2.4.2.1. Correas de la cubierta

Las correas de cubierta son aquellos elementos cuya misión es la de soportar al propio material de cerramiento de la cubierta, transmitiendo su peso a las cerchas, y estas a su vez a los pilares, los cuales transmitirán la carga a las cimentaciones. Así mismo, desempeñan la función de arriostrar o ligar los pórticos fuera de su plano de una manera ligera pues su presencia no se considera suficiente para arriostrar a los pórticos en el sentido longitudinal de la nave, ya que sería necesario sobredimensionar mucho los perfiles.

La descripción de los perfiles utilizados en las correas de la cubierta una vez ya echo los cálculos previos y dimensionándolos con CYPE, es la siguiente:

- Según el epígrafe 4.3.3.1 del CTE DB SE se limita la flecha relativa a 1/300 de la longitud de la pieza.
- La cubierta consta de 7 vanos de correas y empotrados sus extremos entre sí para que cada correa trabaje desde la fachada principal hasta la posterior como viga continua.
- El acero utilizado para las correas de las cerchas es el S 235J0; en el DB SE-A punto 4.2 se describen las características mecánicas mínimas de los aceros laminados en caliente de acuerdo con la norma UNE EN 10025:2006.
- La fijación utilizada es rígida impidiendo que las correas giren, soldadas entre sí, sólo solicitadas en el plano perpendicular de la cubierta. Y por seguridad disponemos de una pletina de apoyo anclada a la cumbrera en V repartiendo uniformemente las posibles torsiones residuales.
- El perfil es ZF por su relación resistencia/peso y su relación resistencia/precio con separaciones de 1,67 m. Esta distancia está calculada en el Anexo 2 de cálculos, apartado 3.1, separación de las correas de la cubierta a dos aguas.
- La correa ideal, con un aprovechamiento del 90,57% de la tensión y del 83,56% de la flecha, es del tipo ZF-200x2.0, que nos infiere un peso de 3,52 kg/m^2 y un peso lineal de 96,17 kg/m. El número de correas serán 16.

2.4.2.2. Correas de los laterales

Existen otro tipo de correas, las correas laterales, cuya misión es la de soportar el peso del cerramiento lateral de la nave. En este caso, no es necesaria la presencia de correas laterales pues los cerramientos de placas de hormigón prefabricado no las necesitan, presumiblemente se soldarán zunchos de atado entre cabezas de pilares.

2.4.2.3. Descripción de los apoyos y nudos

Las cerchas las montaremos de forma articulada sobre sus pilares de apoyo, dichas articulaciones nos transmitirán momentos a las zapatas, con lo cual los pilares y sus correspondientes cimentaciones serán de menores dimensiones debido a que tienen que transmitir menos momentos y por consiguiente un menor coste económico. Por el contrario, las flechas serán mayores, pues las cerchas podrán rotar sobre sus puntos de apoyo.

Resumiendo, esta configuración beneficia a los pilares y cimentaciones, pero perjudica a las cerchas. En el proyecto las flechas de las cerchas no serán un elemento crítico, por lo cual de esta forma nos ayudará a obtener mayor espacio en el lay-out y reducir económicamente el coste.

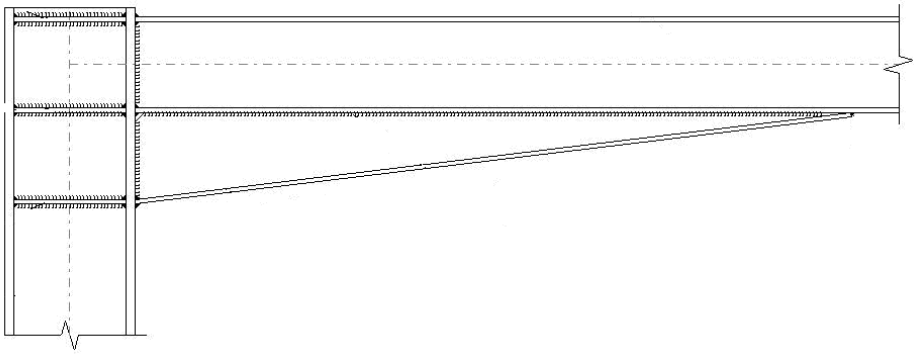


Figura 8. *Apoyo articulado de la cercha intermedia con cartela sobre el pilar.*

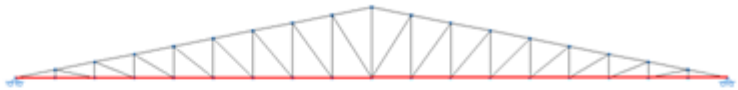
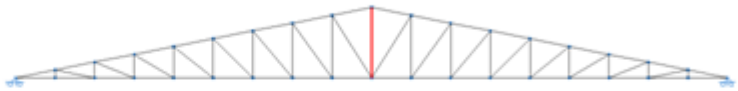
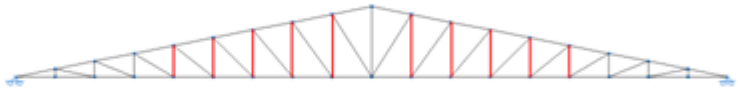
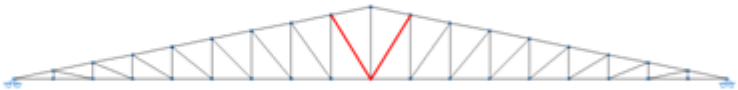
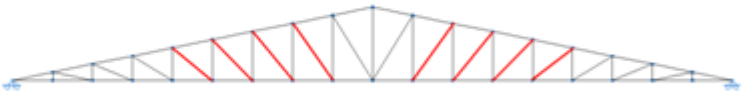
Se definen todos los nudos de la cercha como empotrados, a excepción de los apoyos, implicando que las deformadas de todas las barras que concurren en el nudo van a mantener el ángulo original entre ellas en este punto. La función principal de empotrarlas es que solo trabajen a tracción, transmitiendo un momento que podrá despreciarse.

2.4.2.4. Descripción de las barras de las cerchas hastiales

Las barras de las cerchas las definiremos con perfiles huecos cuadrados conformados armados para los montantes y diagonales (por su relación resistencia/peso/precio); y con perfiles IPE para los cabios (que tienen que aguantar mayores cargas). Las agruparemos de la siguiente manera para obtener una serie de ventajas: simplificación de resultados, beneficio económico y optimizar la estructura evitando sobredimensionarla.

A continuación se describirán los perfiles de cada agrupación de barras para las cerchas hastiales:

Tabla 17. *Resumen de los perfiles de la cerchas hastiales.*

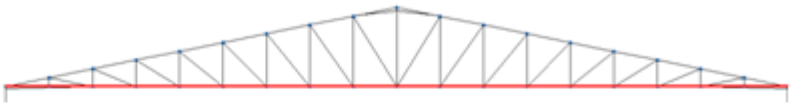
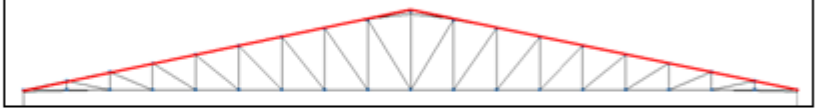
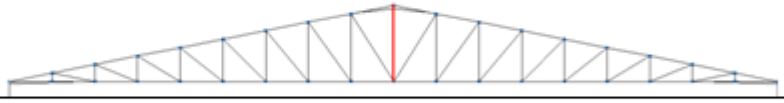
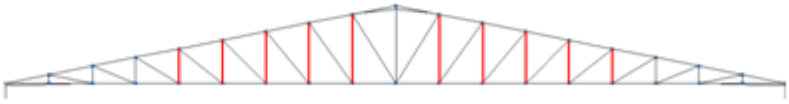
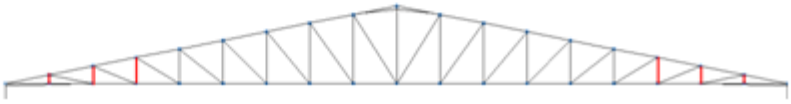
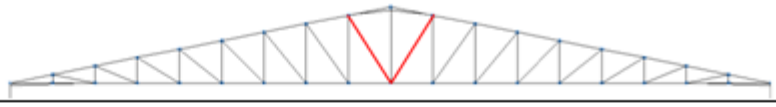
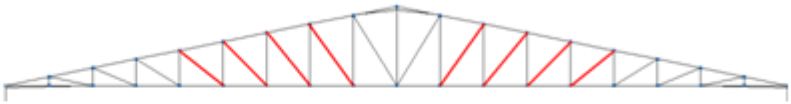
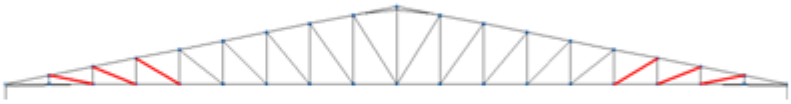
Definición	Perfil	Figura
Cabio inferior	IPE-140	
Cabios superiores	IPE-160	
Montante central	#40x3	
Montantes medios	#90x5	
Montantes extremos	#40x2	
Diagonales centrales	#40x2	
Diagonales medias	#50x4	
Diagonales extremas	#40x2	

2.4.2.5. Descripción de las barras de las cerchas intermedias

Los cabios de los pórticos intermedios serán idénticos que los cabios hastiales, pero además se ayudarán de cartelas. El diseño de los perfiles de las cartelas es el siguiente:

- Para los cabios inferiores se diseñarán con una cartela inicial inferior de 2,4 m y una cartina final inferior de 2,4 m (normalmente se utilizan dichas cartelas desde el 10% de la luz de la nave).
- Para los cabios superiores se utilizará una cartela final inferior de 1,20 m (aproximadamente el 20% del perfil IPE).

Tabla 18. *Resumen de los perfiles de la cerchas intermedias.*

Definición	Perfil	Figura
Cabio inferior	IPE-160	
Cabios superiores	IPE-240	
Montante central	#40x3	
Montantes medios	#60x3	
Montantes extremos	#50x3	
Diagonales centrales	#40x3	
Diagonales medias	#50x4	
Diagonales extremas	#40x3	

2.4.2.5. Flechas y pandeos

Se delimitarán las flechas y coeficientes de pandeo para cada una de las barras de la cerchas. Las flechas de cada barra se limitarán a una flecha máxima relativa de L/300 en el plano xz (plano fuerte del perfil, corresponde con el plano paralelo al alma de la viga).

Los coeficientes de pandeo se condicionarán a las barras sometidas a compresión y se regirán por las normas establecidas del CTE-DB-SE-A en su epígrafe 6.3.2.

- Cabios inferiores: puesto que el cabio inferior no puede trabajar a compresión porque la cubrición evita el pandeo en su plano, solo dejando que sí lo haga respecto a flexión normal, se puede definir unos valores de pandeo para los planos xy y xz de 0.
- Cabios superiores: Por la traslacionalidad del conjunto, a pesar de ser una barra articulada en un extremo y empotrada en el otro, el pandeo para ambos planos tiene un valor de 1.
- Montantes y diagonales: En el plano xy el valor es 1 porque se comportan completamente de forma traslacional. En el plano xz se considera menos perniciosa la traslacionalidad, por lo que este coeficiente se considera de 0,7.

Tabla 19. *Resumen de los coeficientes de pandeo de las cerchas.*

Longitud de pandeo	Plano xy	Plano xz
Cabios inferiores	0	0
Cabios superiores	1	1
Montantes y diagonales	1	0,7

2.4.2.5. Cubierta

Teniendo en cuenta todos los perfiles anteriormente descritos más las vigas de arriostrado y cruces de San Andrés que se comentarán en los apartados posteriores, la geometría de los perfiles de las barras para la cubierta se visualiza:

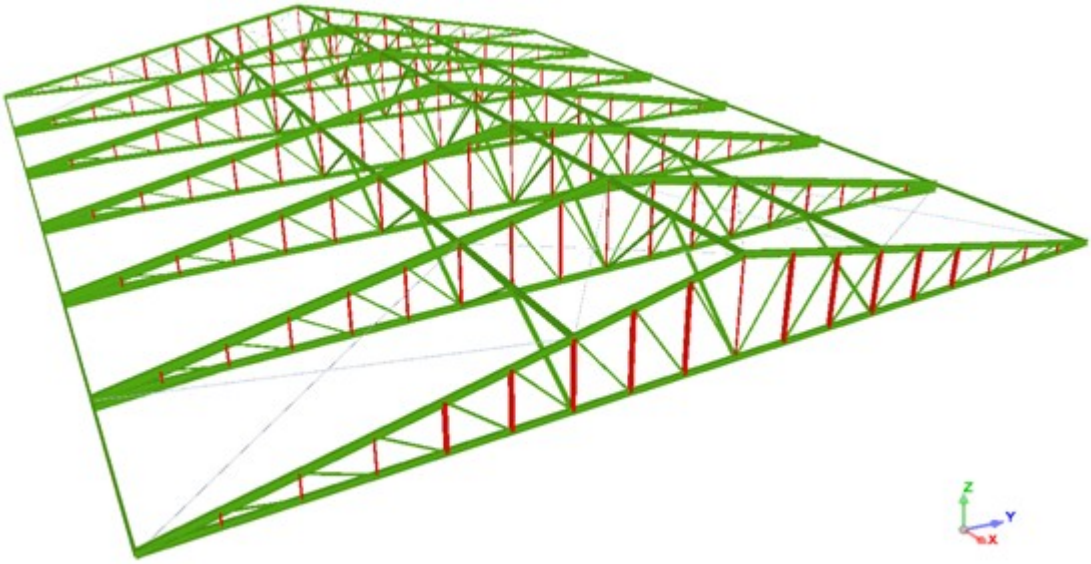


Figura 9. *Geometría 3D de la cubierta a dos aguas generada por CYPE.*

Las características de los cerramientos de la cubierta se comentarán el apartado 2.9.3. de la misma memoria.

2.4.3. Pilares

Los pilares son los encargados de soportar las cargas que provocan las cerchas y transmitirlas a las zapatas de cimentación. Como el resto de barras, también serán de acero laminado S275.

Se descompondrán en 8 pilares desplazados 5 m del uno al otro en cada lado de la nave industrial y 4 pilarillos hastiales, 2 en la fachada frontal y 2 en la fachada trasera, separados 8 m entre sí y entre los pilares de los extremos.

2.4.3.1. Descripción de los apoyos y nudos

Los nudos de la parte superior de los pilares están articulados con la cercha por las ventajas que aporta ya comentadas en el apartado 2.4.2.3. Los pilarillos hastiales estarán empotrados con las cerchas.

Las bases de los pilarillos hastiales son nudos articulados para no transmitir momentos a las zapatas. Mientras que las bases de los pilares están empotradas.

2.4.3.2. Flechas y pandeos

Las flechas de cada pilar se limitarán a una flecha máxima relativa de L/300 en el plano xz (plano fuerte del perfil).

Para los pandeos de los pilares de la nave, el valor es 0 para el plano xy porque el cerramiento prefabricado de hormigón los envuelve íntimamente impidiendo su pandeo; mientras que el valor para el plano xz es 2 porque se encuentra empotrados en las bases y libres en el extremo.

En los pandeos de los pilarillos hastiales les corresponde un pandeo de 0 en el plano xy, por encontrarse arriostrados por el cerramiento y de 0,7 en el plano xz, por encontrarse empotrados a su base y articulados a su extremo.

Tabla 20. *Resumen de los coeficientes de pandeo de las pilares.*

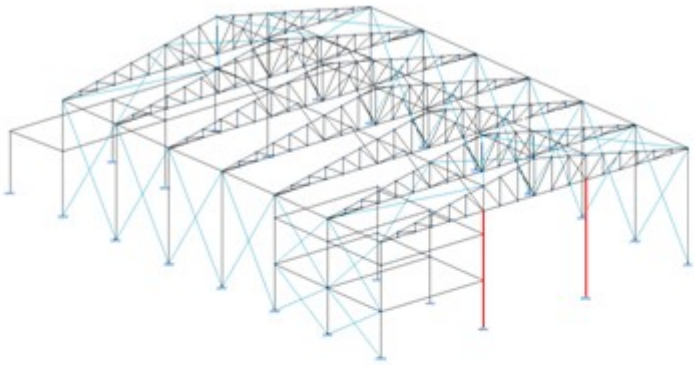
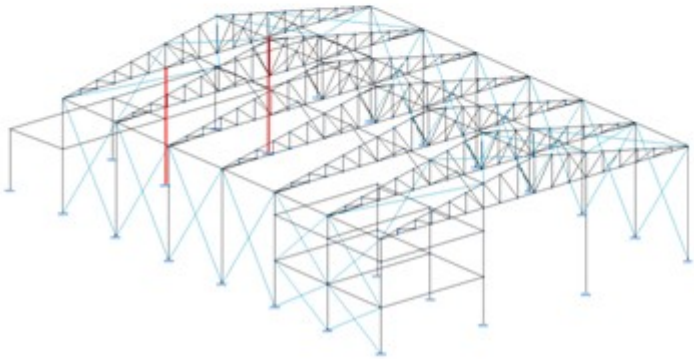
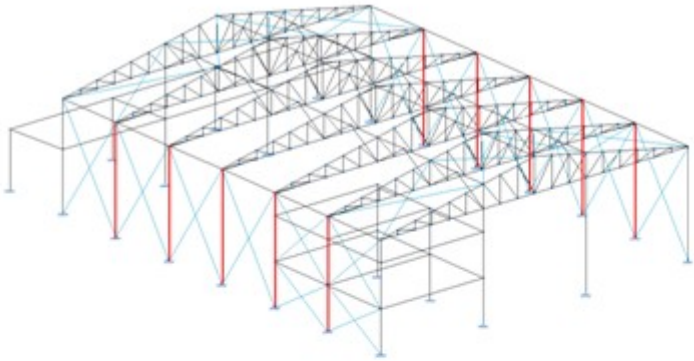
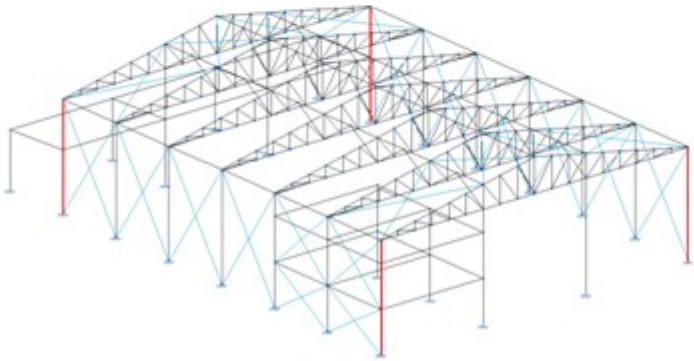
Longitud de pandeo	Plano xy	Plano xz
Pilares de los extremos y centrales	0	2
Pilarillos de los hastiales frontal y trasero	0	0,7

2.4.3.3. Descripción de los perfiles

Los pilares se diseñan con perfiles HEB porque tienen el mismo ancho que canto, aportando una mayor estabilidad y resistencia para aguantar la estructura y resistencia al fuego.

Los pilarillos hastiales con perfiles HEA y disponiéndose a 90º, porque el alma irá perpendicular al plano de creación de estos pórticos para que ofrezcan su mayor inercia con el objeto de combatir el viento frontal, aunque también pueden tener otros cometidos secundarios, como pueden ser apoyos de dinteles de puertas, apoyos de jácenas para forjado o sustento de petos para las fachadas.

Tabla 21. *Resumen de los perfiles de los pilares.*

Definición	Perfil	Figura
Pilarillos Hastial Frontal	HEA-320	
Pilarillos Hastial Trasero	HEA-160	
Pirales laterales	HEB-220	
Pilares de los extremos	HEB-220	

2.4.4. Vigas

Las vigas tienen como objetivo unir los pórticos y aprovechar el espacio entre cerchas. Generalmente, se suelen arriostrar los pórticos de una forma un poco más práctica y es uniendo los cordones inferiores mediante arriostrados en K. En este caso se aprovecha bastante más el espacio libre entre cerchas. Para esta solución es necesario colocar unos perfiles uniendo entre sí también los cordones superiores de las cerchas que servirán para unir en su punto medio a los perfiles que van soldados a los cordones inferiores, conformando de esta manera una forma en K invertida.

Otra de las características geométricas a introducir son las vigas de atado entre cabezas de pilares. Estas vigas de atado tienen el cometido de ayudar a garantizar que los pórticos no se desplomen unos con respecto a otros. Hay que incidir en el verbo ayudar, y es que ya existen otros elementos que también colaboran en este propósito, como los cerramientos y las correas. Interesa que los pilares mantengan su horizontalidad lo mejor posible, pues cualquier desviación de la misma provocaría un momento en la base del pilar y consecuentemente el levantamiento de la zapata, sería entonces necesario aumentar su tamaño.

2.4.4.1. Descripción de los apoyos y nudos

Las vigas de arriostramiento de la cubierta y de arriostrado de los cordones irán sujetas a las cerchas de los pórticos mediante uniones empotradas.

Para las vigas de atado laterales, comunicadas con los pilares y barras de las cerchas, deberán de estar unidas de forma articular puesto que la unión pilar-cercha es articulada.

2.4.4.2. Flechas y pandeos

Las vigas de atado de cabeza de pilares y las vigas de cubierta que sirven de apoyo al arriostramiento de los cordones inferiores se ven definidas como biarticuladas sin impedimento alguno al pandeo en su plano de inercia fuerte. Sin embargo, el plano de inercia débil de estas barras coincide con el plano del cerramiento en el que estén, bien sea el lateral o la cubierta. En estos planos las vigas no deben pandear, porque si en ellas hay compresión, significaría que toda la estructura está colapsando, fallando consecuentemente la enorme rigidez del cerramiento lateral y del conjunto de las correas. Se estarían empujando los pórticos unos a otros por estas vigas de atado y para esto no han sido diseñados, por tanto, no se atenderá a esta casuística.

Así, los pandeos de estas barras serán 0 para el plano xy y 1 para el plano xz.

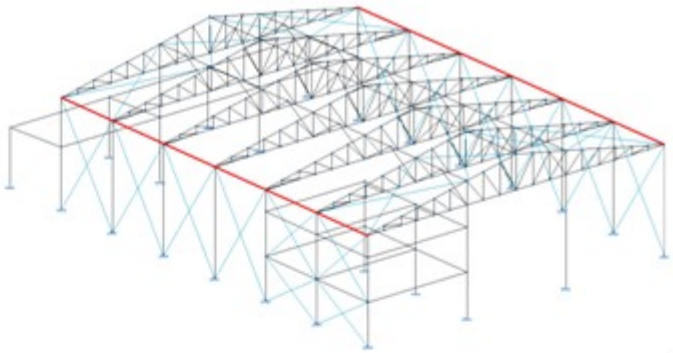
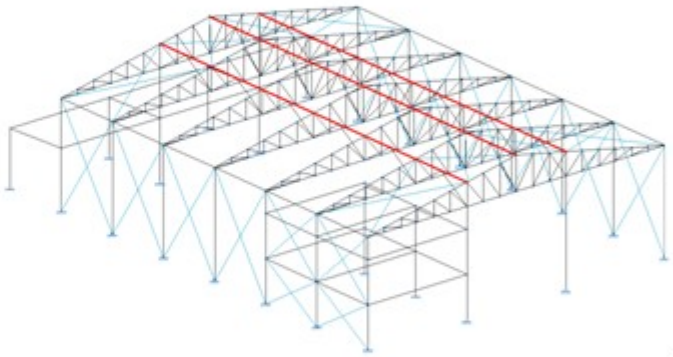
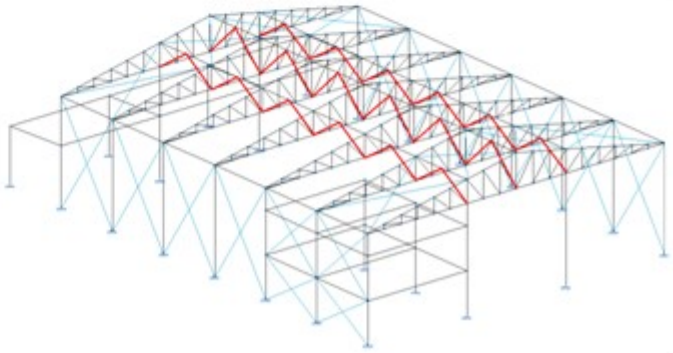
2.4.4.3. Descripción de los perfiles

Los perfiles para las barras soldadas entre sí a los cordones superiores se emplearán perfiles laminados IPE, pues poseen una buena resistencia al pandeo en su eje fuerte.

Para los perfiles que conforman los brazos de la K y van soldados a los cordones inferiores de las cerchas y a los perfiles anteriormente citados, se utilizaran dos perfiles en L soldados en forma de T para aportar una buena rigidez a la unión y buena resistencia al pandeo en sus dos ejes. El perfil de doble unión soldada en T dispondrá de cordones de la soldadura continuos

Para las vigas de atado lateral se emplearán los mismos perfiles IPE que las barras que sujetan los cordones superiores por las mismas condiciones que presentan.

Tabla 22. *Resumen de los perfiles de las vigas.*

Definición	Perfil	Figura
Vigas de atado lateral	IPE-100	
Vigas de arrostramiento de la cubierta	IPE-140	
Vigas de arriostrado de los cordones inferiores	2xL-60x8	

2.4.5. Cruz de San Andrés

Las cruces de San Ándres se realizarán mediante tirantes. Los tirantes o tensores son elementos, normalmente barras o cables metálicos, que trabajan únicamente a tracción y se suelen montar con un mecanismo que permite tensar los cables.

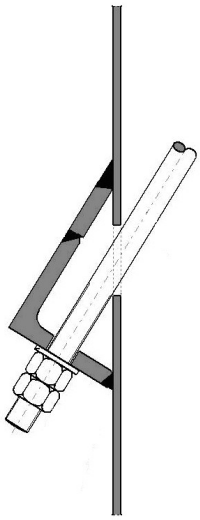


Figura 10. *Mecanismo de los tirantes de las cruces de San Andrés.*

Es necesario distinguir dos zonas: la cubierta y los paramentos laterales. En la cubierta los arriostramiento que se calculen serán los que realmente se monten, en cambio en los laterales de la nave en esta fase del proyecto se pondrán arriostramiento aunque realmente no se montarán.

Cada cruz estará con un bastidor de barras, excepto en los bordes con vinculación exterior en sus extremos. La sección de cada barra del marco será tal que el tirante no tenga una sección mayor del 20% de la menor de ellas. Además, todos los ángulos del marco son rectos y cada par de tirante tiene la misma longitud, misma sección y mismo tipo de acero.

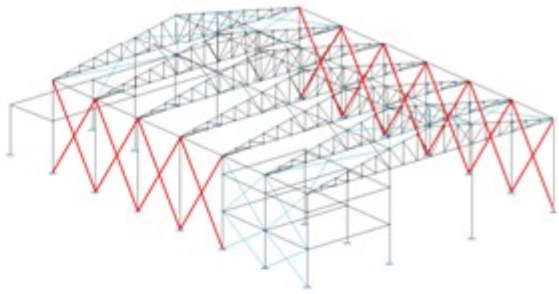
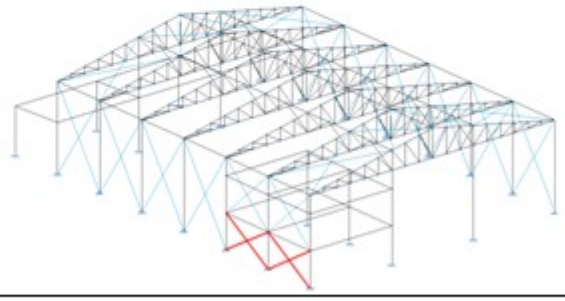
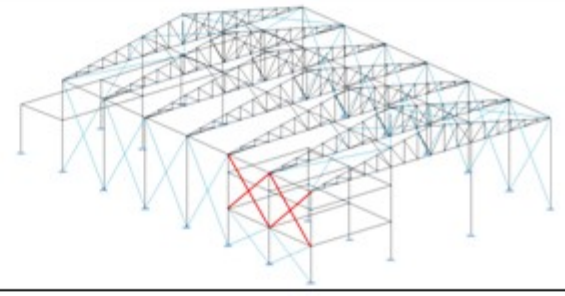
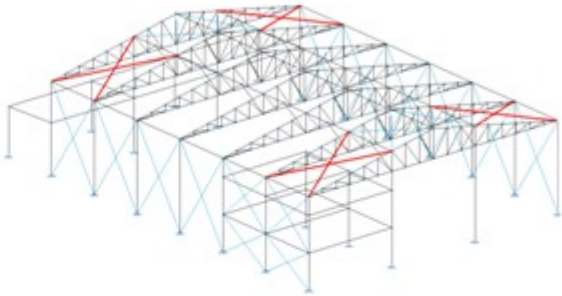
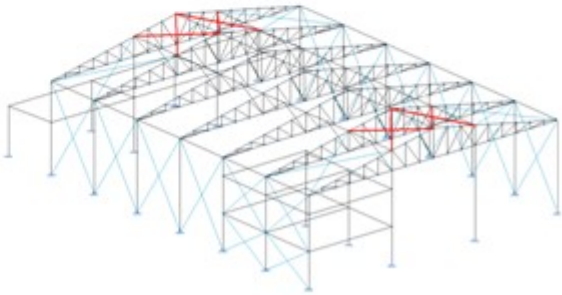
2.4.5.1. Flechas y pandeos

No existen flechas ni pandeos para las cruces de San Andrés, ya que estos tirantes pueden pandear libremente y además resultan muy esbeltos para trabajar a compresión. Son tan inválidos para trabajar a compresión que se ignoran las capacidades resistentes de estas piezas ante dicha solicitación. Los tirantes comprimidos de estas cruces pueden pandear libremente y no debe importarnos.

2.4.5.2. Descripción de los perfiles

Los perfiles se definirán redondos Ø laminados puesto que el tirante se define como una pieza biarticulada sometida exclusivamente a tracción, lo que destierra cualquier posibilidad de cargarlo. El hecho de cruzar las barras hace que la estructura sea no lineal.

Tabla 23. *Resumen de los perfiles de las cruces de San Andrés.*

Definición	Perfil	Figura
Cruces de San Andrés en paramentos	Ø8	
Cruces de San Andrés sujeta a la entreplanta inferior	Ø8	
Cruces de San Andrés sujetas a la entreplanta superior	Ø6	
Cruces de San Andrés extremas de la cubierta	Ø16	
Cruces de San Andrés centrales de la cubierta	Ø10	

2.5. Estructura metálica del almacén

La estructura es de acero laminado S 275J0 para vigas y pilares. Dispone de una serie de pórticos paralelos entre sí distanciados 8 m en un conjunto de 3 vanos. Con unas dimensiones de 5 m de ancho, 24 m de largo, 4 m de altura hasta el cabio inferior y 4,2 m de altura hasta el cabio superior.

La pendiente de los faldones de nuestra nave industrial construida con perfiles metálicos es del 4% de inclinación.

2.5.1. Correas

La descripción de los perfiles utilizados en las correas es la siguiente:

- Se limita la flecha relativa a 1/300 de la longitud de la pieza.
- El acero utilizado para las correas de las cerchas es el S 235J0.
- La fijación utilizada es rígida impidiendo que las correas giren, soldadas entre sí, sólo solicitadas en el plano perpendicular de la cubierta. Y por seguridad disponemos de una pletina de apoyo anclada a la cumbrera en V repartiendo uniformemente las posibles torsiones residuales.
- La cubierta consta de 3 vanos de correas y empotrados sus extremos entre sí para que cada correa trabaje desde la fachada principal hasta la posterior como viga continua.
- El perfil es ZF por su relación resistencia/peso y su relación resistencia/precio con separaciones de 1,48 m. Esta distancia está calculada en el Anexo 2 de cálculos, apartado 3.2, separación de las correas de la cubierta a un agua.
- La correa ideal, con un aprovechamiento del 79,33% de la tensión y del 96,68% de la flecha, es del tipo ZF-250x2.5, que nos infiere un peso de 0,06 kN/m^2 y un peso lineal de 33,79 kg/m. El número de correas serán 4.

Las correas laterales no se utilizarán, ya que las placas prefabricadas de hormigón cubren el cerramiento. Sólo es necesario soldar zunchos de atados entre pilares.

2.5.2. Descripción de los apoyos y nudos

Las bases de los pilares irán empotradas. Las vigas y pilares de la estructura de las oficinas irán empotradas entre sí, menos los pilares exteriores que tendrán nudos articulados para transmitir momentos a las zapatas, con lo cual los pilares y sus correspondientes cimentaciones serán de menores dimensiones.

2.5.3. Flechas y pandeos

Las flechas de cada pilar y viga se limitarán a una flecha máxima relativa de L/300 en el plano xz.

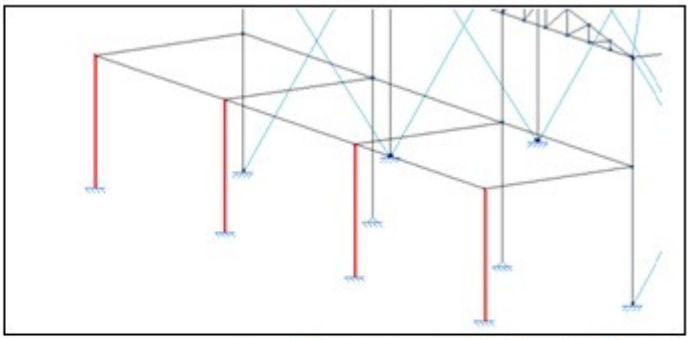
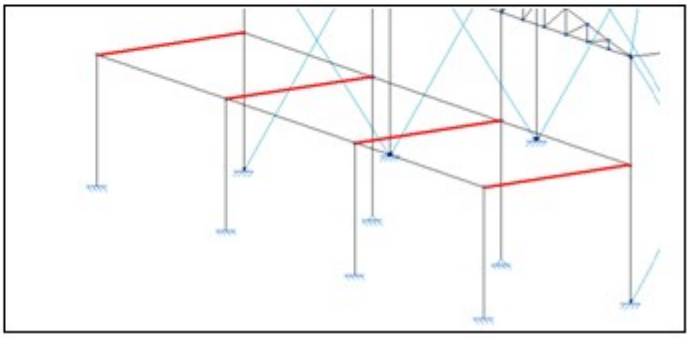
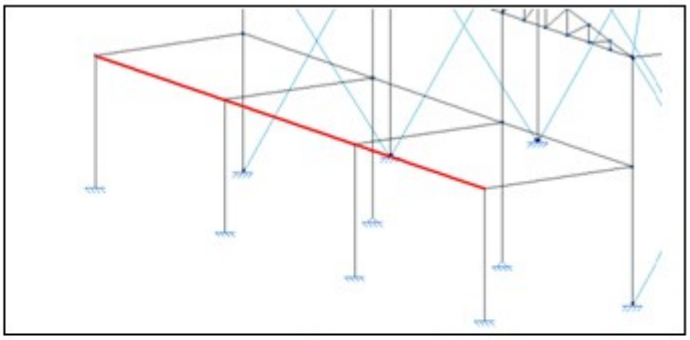
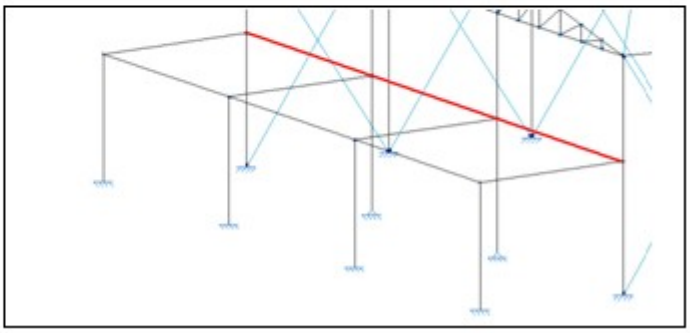
Para los pandeos de los pilares de la nave, el valor es 0 para el plano xy y para el plano xz es 2 porque se encuentra empotrados en las bases.

Los valores de los pandeos de las vigas serán 0 para el plano xy y 1 para el plano xz.

2.5.4. Descripción de los perfiles de las barras

Por las mismas conclusiones que se dan en la estructura principal, los perfiles de los pilares serán HEB y las vigas en perfil IPE.

Tabla 24. *Resumen de los perfiles de las barras en el almacén.*

Definición	Perfil	Figura
Pilares del almacén	HEB-160	
Vigas de atado	IPE-80	
Cabio inferior	IPE-180	
Cabio superior	IPE-180	

2.6. Estructura metálica de las oficinas

La nave industrial se compone de una zona de oficinas de la que también se ha calculado su estructura metálica. Esta estructura la forma un entramado de vigas y pilares metálicos de acero S275, de geometría rectangular, con unas dimensiones de 8 m de ancho, 10 m de largo y 6 m de altura.

Se diseñará teniendo en cuenta su función, de soportar las cargas del peso propio, del peso del forjado, de todos los elementos constructivos que componen la zona de oficinas, y la sobrecarga de uso ejercida por el mobiliario y el personal de la empresa. También se tendrá en cuenta la función de permitir el acceso a las oficinas ubicadas en planta superior, diseñando esta estructura con el vacío correspondiente a la ubicación de la escalera metálica. Estas acciones ya fueron definidas en el apartado 2.2.

2.6.1. Escaleras

Según el RD 486/97, el RD 279/1991, la Directiva 89/654/CEE, el RSCIEI y el NTP 404; y los cálculos previos expuestos en el anejo 2, apartado 3.3., la escalera prefabricada de hormigón, recta y fija, dispone de las siguientes características:

- La escalera tiene una anchura total de 1 m. Los peldaños tienen unas dimensiones de 25 cm de huella y 15 cm de contrahuella.
- La inclinación es de 30,96º y el espacio libre vertical es de 230 cm.
- La altura del pasamano de la barandilla es de 90 cm., el diámetro de 40 mm y el espacio del pasamano a la pared de 40 mm.

2.6.2. Descripción de los apoyos y nudos

Las bases de los pilares irán empotradas de igual manera que la estructura principal. Las vigas y pilares de la estructura de las oficinas irán empotradas entre sí y también con los pilares y pilarillos hastiales de la estructura principal.

2.6.3. Flechas y pandeos

Las flechas de cada pilar y viga se limitarán a una flecha máxima relativa de L/300 en el plano xz.

Para los pandeos de los pilares de la nave, el valor es 0 para el plano xy y para el plano xz es 2 porque se encuentra empotrados en las bases.

Los valores de los pandeos de las vigas serán 0 para el plano xy y 1 para el plano xz.

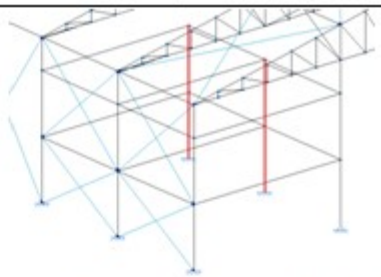
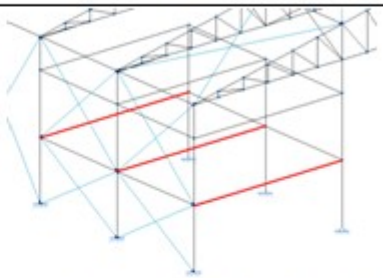
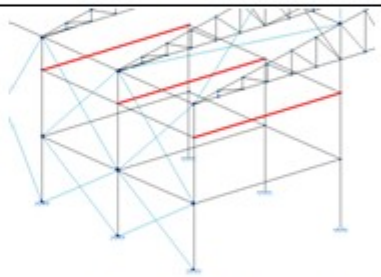
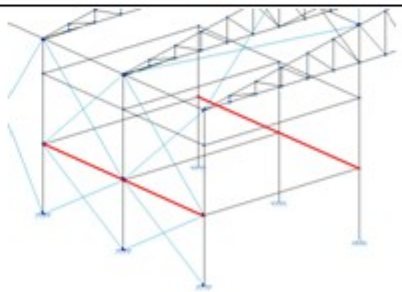
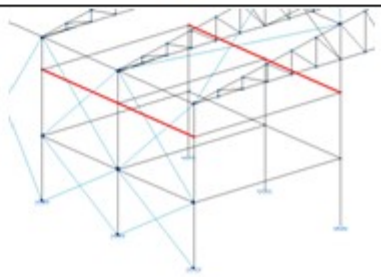
2.6.4. Descripción de los perfiles de las barras

Las vigas de cargas transversales y apoyadas a los pilares harán la función de recibir todas las cargas ejercidas en la zona de oficinas y transmitir estas a los pilares de sustentación. También tienen la función de cierre y sustentación del forjado.

Para la jácena inferior se disponen de vigas en perfiles HEB porque aunque sean más caros por el peso, tienen menos cantos que los IPE o IPN. Optimizando también la altura libre. Las vigas superiores y la jácena superior no es necesario optimizarlo ya que sostiene un falso techo, por lo que se escogerán de perfiles IPE. Mientras que las vigas inferiores que se empotran con las vigas de la jácena serán también de un perfil IPE.

Los pilares de la estructura del apoyo de las oficinas son perfiles metálicos encargados de transmitir las cargas recibidas por las vigas y el peso del forjado en la cimentación de esta estructura, independiente de la cimentación de la estructura metálica principal. Estos pilares, como el resto de pilares que sujetan la estructura, tendrán un perfil HEB.

Tabla 25. *Resumen de los perfiles de las barras en las oficinas.*

Definición	Perfil	Figura
Pilares internos a la nave	HEB-240	
Jácena inferior	HEB-260	
Jácena superior	IPE-80	
Vigas inferiores	IPE-100	
Vigas superiores	IPE-80	

2.7. Análisis y resultados de la estructura

Una vez finalizado todos los cálculos de la estructura se ha recopilado toda la información de perfiles de barras, cotas, numeración de nudos, diagramas de envolventes y uniones; simplificando y escogiendo las vistas y los elementos más destacados en los planos.

Los diagramas que se van a consultar son el diagrama de envolventes de tensión, el diagrama de envolvente de flecha, el diagrama de envolvente de momentos flectores, el diagrama de cortantes y el diagrama de esfuerzos axiles. Se consultarán los diagramas de envolventes, es decir, los que muestran el valor máximo y mínimo al que estará sometida cada una de las barras que se indiquen según las vistas.

En cuanto a las uniones, se estudiarán las que sus nudos estén en contacto pilar y viga de la zona de fabricación y de almacenamiento. En la siguiente tabla se muestran los nudos afectados y sus respectivos planos:

Tabla 26. *Resumen de las uniones de los pilares de la nave industrial.*

Nudos	Definición	Planos
N2, N4, N230, N232	Pilar en contacto con la cerchas de los hastiales con los cabios superiores e inferiores	U-01/02
N192, N154, N116, N78, N40, N42, N80, N118, N156, N194	Pilar en contacto con la cerchas intermedias con los cabios superiores e inferiores	U-03/04
N 294, N 293	Pilar en contacto con la vigas del cabio superior del almacén	U-05/08
N269, N312, N310, N270	Pilar en contacto con las vigas del cabio inferior del almacén	U-06/09
N2, N4, N230, N232, N192, N154, N116, N78, N40, N42, N80, N118, N156, N194	Pilar en contacto con las vigas de atado laterales	U-07

2.8. Cimentación

Las características del acero de las barras corrugadas que conforman las armaduras del hormigón utilizado para el dimensionado de la cimentación es B 500 S, control normal, tal y como se describe en la tabla 32.2 de la EHE-08 y rigiéndose también por el CTE-DB-SE C: Cimientos. El hormigón utilizado para la cimentación de la nave industrial es el hormigón HA-25, control estadístico. El terreno para la cimentación de arcilla dura, ya comentado en el apartado 2.1. Informe geotécnico de la zona, tiene tensiones admisibles en situaciones persistentes de 0,245 MPa y para situaciones accidentales de 0,368 MPa.

Para la cimentación de la nave se ha optado por la solución común para este tipo de construcciones. Es la utilización de zapatas rectangulares excéntricas de un solo arranque y unidas entre sí por vigas de atado armadas.

A continuación se mencionará los componentes a los que hemos referido la cimentación, resumidos en tres grupos: placas de anclaje, zapatos y vigas de atado.

En el Anejo 2, capítulo 4, se pueden consultar los cálculos, comprobaciones y las dimensiones finales y los armados correspondientes de las placas de anclajes y zapatas para cada pilar, así como las dimensiones y los armados de las vigas de atado.

2.8.1. Placas de anclaje

Las placas de anclaje son los elementos constructivos encargados de garantizar la fijación rígida entre los pilares de la estructura metálica principal y las zapatas, evitando los posibles desplazamientos horizontales.

Estas placas de anclaje son de acero laminado S275, un acero de los pernos de B 400 S y el hormigón utilizado es HA-25, control estadístico. Las placas de anclaje se dividirán en diferentes grupos para aportar una relación de resistencia a las cargas, peso, precio y facilidad de montaje más óptima.

2.8.2. Zapatas

Las zapatas aisladas de cimentación son los elementos constructivos encargados de transmitir el peso de la estructura metálica principal en el terreno y garantizar la estabilidad tanto de la estructura como la del propio terreno. Todos las zapatas de la estructura metálica principal, son zapatas excéntricas, de geometría rectangular y con la posición del pilar centrado en el zapato. Se verificaran las cuantías mínimas con las tablas de durabilidad del hormigón de la EHE-08.

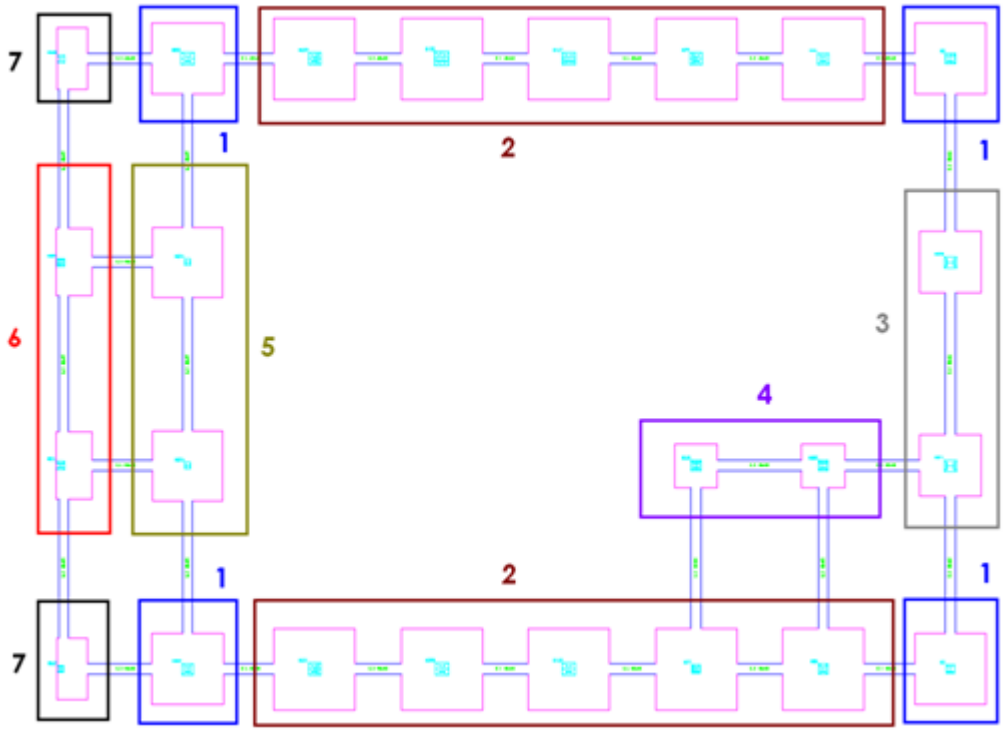


Figura 11. *Grupos de placas de anclaje y zapatas.*

El motivo de crear 7 grupos, es que dependiendo de la posición que ocupe dentro de la estructura, estará sometida a esfuerzos muy diferentes que puede provocar que en algunos casos las zapatas sean bastantes grandes y en otros no.

2.8.3. Vigas de atado

Las vigas de atado son las encargadas de efectuar la unión física de los zapatos de cimentación. El atado de los zapatos confiere la estabilidad necesaria al terreno, para que la estructura metálica trabaje conjuntamente. También mejora el rendimiento de las zapatas de cimentación.

2.9. Cerramientos

2.9.1. Cerramientos laterales, de fachada y muro colindante

El cerramiento seleccionado para la nave es de placas de hormigón prefabricado lisos grises porque se tratar de uno de los elementos más utilizados actualmente en el cerramiento de naves industriales debido a sus buenas características funcionales y su facilidad de montaje. Las modernas técnicas de fabricación de estos elementos permiten obtener paneles en corto espacio de tiempo y buenas características mecánicas, lo que permite ofrecer precios muy competitivos y reducir los plazos de montaje, algo muy importante hoy día.

Los cerramientos afectan a toda la parte exterior de la nave industrial y además al muro colindante que separa la zona de fabricación y la zona de almacenamiento.

Para el tipo de cierre se tendrá en cuenta la resistencia al fuego. Para ello, se utilizarán unos espesores de cierre de 12 cm que tendrán una RF-90, suficiente para cualquier zona de la nave industrial. La empresa Pizcompact será la suministradora rigiéndose de sus materiales por las normas NBE-CI-96, NBE-CA-88, NBE-CT-79, RECIEI y CTE.

Estos cierres tendrán sellados de junas horizontales y verticales y uniones horizontales machihembradas con los pilares que sostienen la estructura.

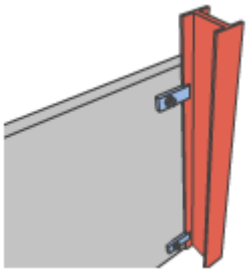


Figura 12. *Placa de hormigón prefabricado unida al pilar.*

Los cerramientos de los pilares son de paneles rígidos de lana de roca con dos o tres caras expuestas al fuego con un forrado interior de acero inoxidable, los espesores de cada panel se difieren por la resistencia al fuego de cada uno y las dimensiones del pilar. Estos paneles están distanciados hasta 5 cm de los extremos del pilar. Los pilares que se conectan con la zona de almacenamiento son para una RF-90 y los demás de la nave industrial para una RF-60. Los diversos espesores de panel de lana de roca ya calculados por CYPE están en el Anejo 2, apartado 2.2.

2.9.2. Cerramientos de la entreplanta

Los cerramientos exteriores de la zona de la entreplanta que se comunican con la zona de fabricación están constituidos por 2 placas de Pladur® N y lana mineral formando un tabique de dimensiones 0,202x6 m de espesor y altura respectivamente, con un aislamiento acústico de 54 dB y una resistencia al fuego EI-60. Las placas en la que sus componentes (yeso y celulosa) son de composición estándar. Presenta el alma de yeso de color blanco, la cara vista que va a ser decorada en color crema y la opuesta, en color gris oscuros. Cumplen la normativa UNE-EN 520 y tienen una resistencia al fuego A2-s1 d0 (B).

Los cerramientos interiores están constituido por una placa de Pladur® N y lana mineral con unas dimensiones para la planta baja de 0,084x3,05 m de espesor y altura respectivamente, con un aislamiento acústico de 46,9 dB y una resistencia al fuego EI-60; y para la planta superior de 0,076x2,80 m de espesor y altura respectivamente, con un aislamiento acústico de 43,5 dB y una resistencia al fuego EI-45.

2.9.3. Cerramientos de cubierta

2.9.3.1. Cubierta a dos aguas

La cubierta que cierra la estructura metálica principal consta de paneles Sándwich que provocan una carga igual o menor a 15 kg/m^2. Los paneles serán lacados, aislantes y galvanizados de 40 mm de espesor, con un sistema monocapa integrado de impermeabilización y aislamiento térmico de lana de roca (Compoterm LR-40/BM PRG-50 MAX "COMPOSAN").

El lucernario consta de claraboyas fijas prefabricadas con una cúpula parabólica bivalva de dimensiones 100x150 cm separadas entre sí 5 m desde su eje central a lo largo de la cubierta, sumando un total de 10 claraboyas, 4 en el agua izquierda y 6 en el agua derecha. Estos paneles y lucernario están por encima de las correas y de la chapa de soporte.

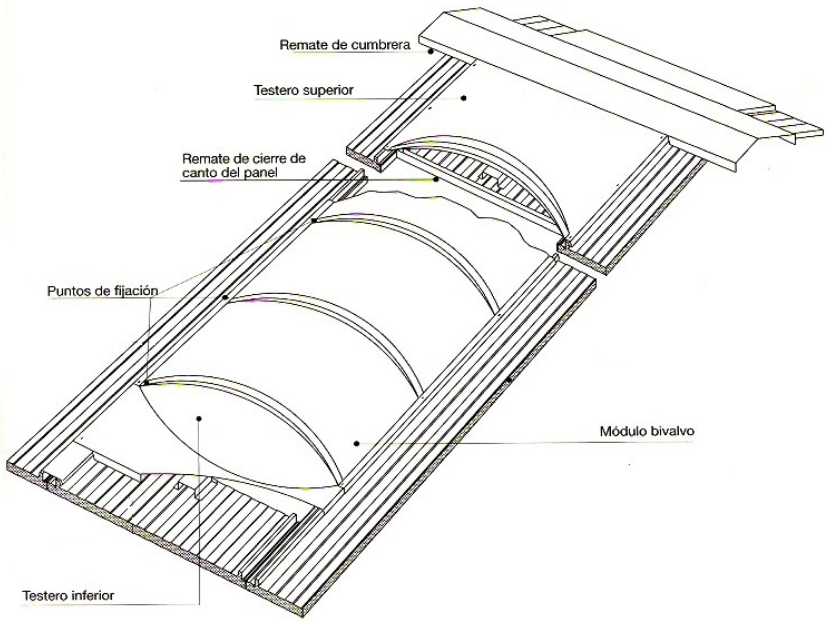


Figura 13. *Cubierta de panel Sándwich con lucernario bivalvo.*

2.9.3.2. Cubierta a un agua

El cerramiento será con cubiertas tipo Deck de carga10 kg/m^2 garantizando un soporte base, una barrera de vapor, aislamiento térmico e impermeabilización siguientes:

- La chapa metálica de soporte PL 30/209.
- Barrera de vapor monocapa y adherida para la impermeabilización.
- Aislamiento térmico de lana de roca soldable de paneles de lana de roca de 5 mm de espesor.
- Láminas de P.V.C.

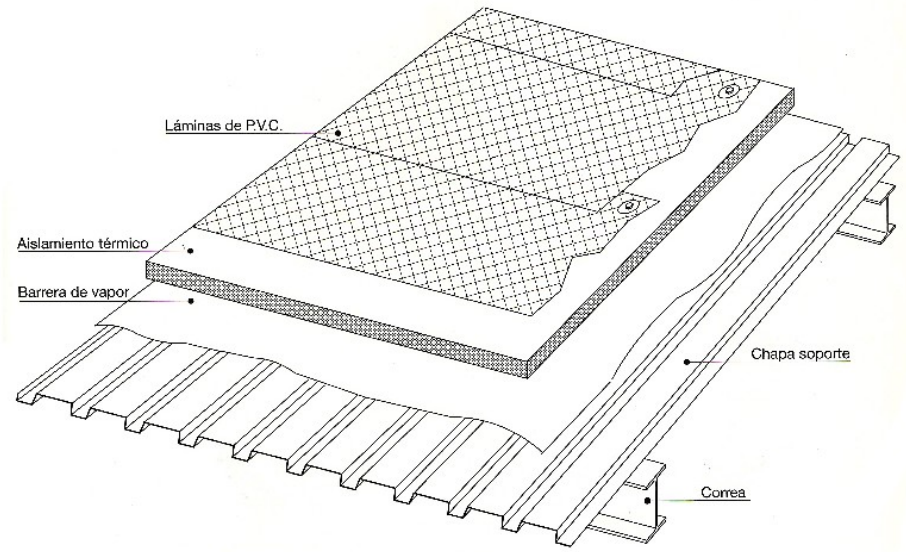


Figura 14. *Cubierta de panel Deck.*

2.10. Forjados y techos

2.10.1. Zona de fabricación y zona de almacenamiento

Las zona de fabricación y almacenamiento contienen pavimentos industriales con características de superficie para ser utilizada y desarrollada en la actividad diaria de las empresas, siendo esta actividad normalmente muy agresiva. Debido a esta actividad agresiva, los pavimentos industriales están sufriendo tres tipos de patologías: Fisuras y grietas, deterioro de la capa de rodadura, desprendimientos, fisuras y deterioro de las juntas, por orden de importancia de dilatación, de trabajo o construcción y en numerosos casos incluso las de retracción.

Por lo tanto, la pavimentación de la zona de fabricación y de almacenamiento se crea produciendo una solera de grava con hormigón y un acabado de hormigón fratasado.

Para la cerchas que cubren toda la zona de fabricación se necesita un falso techo termoacústico. El RSCIEI obliga a que los materiales que se utilicen como revestimientos en techos industriales deben ser, como máximo, Euroclase C.

Se utilizará un panel DINFOC, de Euroclase B-s3 d0 de 40 mm de espesor que se sirve paletizado. Consta de un panel rígido de lana de vidrio, revestido por su cara vista con un film de PVC blanco y su cara oculta con un velo de vidrio. Y consta de las siguientes ventajas: no desprende polvo, mantiene sus propiedades en todo el proceso de instalación, material totalmente estable (imputrescible e inodoro), no es medio adecuado para el desarrollo de microorganismos, no precisa ningún tipo de mantenimiento, químicamente inerte y respetuoso con el medio ambiente y promueve el ahorro y la eficiencia energética.

Figura 15. *Techo termoacústico DINFOC.*

2.10.2. Zona de la entreplanta

El suelo de la entreplanta, ya sean la planta baja y la planta superior, se componen de un forjado sanitario unidireccional. El fundamento de los forjados compuestos radica en la tecnología que potencia la adherencia entre el acero y el hormigón, aportando unas notables mejoras para la sinergia entre ambos. En el capítulo 4 del Anejo 2 se calculan las premisas más importantes con el cumplimiento de las normas EHE-08 y EFHE.

El techo de la planta baja para los vestuarios, cuartos y pasillos está constituido por una estructura de chapa de acero galvanizada formado por Maestras de 82 mm. de ancho y 16 mm de alto, separadas entre ellas 400 mm. y ancladas directamente al forjado, a las cuales se atornilla una placa PLADUR® tipo N de 13 mm. Montaje según Normativa Intersectorial de ATEDY: "Sistemas de techos continuos con estructura metálica. ATEDY 3" y requisitos del CTE-DB HR. El aislamiento acústico contra ruido de impacto es de 3 dB.

El techo de la planta superior para las oficinas está formado por una estructura de perfiles de chapa de acero galvanizada a base de Perfiles continuos en forma de "U", de 47 mm. de ancho (T-47) y separados entre ellos 400 mm, debidamente suspendidos del forjado por medio de Piezas de nivelación Polivalentes PL-75 debidamente fijadas al forjado y uniendo sus alas con tornillos tipo PLADUR MM x 9,5 en ambas alas del perfil T-47, y encajados en el Perfil Clip fijado mecánicamente en todo el perímetro. A esta estructura de perfiles, se atornilla una placa PLADUR® tipo N de 13 mm de espesor. . Montaje según Normativa Intersectorial de ATEDY: "Sistemas de techos continuos con estructura metálica. ATEDY 3" y requisitos del CTE-DB HR. Tiene un aislamiento acústico mayor que para la planta baja, puesto que en la zona de oficinas se necesita menor ruido, el aislamiento acústico para ruido aéreo es de 11 dB mientras que para el ruido de impacto es de 7 dB.

2.11. Puertas

Las puertas de la nave industrial se clasifican en puertas exteriores como la puerta automática de la fachada principal, las puertas que separan los diferentes sectores (zona de almacenamiento con la zona de fabricación y la zona de oficinas con la zona de fabricación), las puertas de las fachadas laterales que comunican los diferentes sectores de la nave con el exterior, así como también de puertas interiores de la entreplanta para los vestuarios, oficinas y cuartos. Las puertas deberán de cumplir la resistencia al fuego específica por la normativa vigente.

- La puerta de la fachada frontal, de dimensiones 5x5 m, modelo Lisbon de la casa Ditec. Abre y cierra los huecos para el paso de mercancías de los camiones y proveedores adaptándose a la instalación y al espacio interior de la estructura. Además, contiene paneles de acero aislados térmicamente.
- Las puertas que separan los sectores son puertas cortafuegos metálicas de dos hojas con un acabado galvanizado sendzimir y una barra antipánico. En el muro colindante que separa la zona de fabricación con la zona de almacenamiento tendremos dos puertas con una resistencia al fuego EI2 60-C5: una puerta de dimensiones 200x205 cm para la entrada y salida de materia prima con la carretilla elevadora eléctrica y otra puerta de 160x205 cm para la entrada y salida del producto acabado. Para la puerta que separa la zona de oficinas con la zona de fabricación es de dimensiones 140x205 cm con una resistencia al fuego EI2 60-C5.
- Todas las puertas que dan al exterior por las fachadas laterales son metálicas, de una hoja de doble chapa con panel intermedio y un acabado galvanizado sendzimir, con unas dimensiones de 70x200 cm.
- Las puertas interiores de la zona de oficinas de la entreplanta son metálicas de paso de una hoja de 70x200 cm de chapa simple para las que dan a los cuartos de instalación o limpieza; y para el resto de habitaciones (vestuarios, sala de reuniones y oficina técnica) son puertas de paso ciega, de una hoja de 203x72,5x3,5 cm, de tablero aglomerado directo, barnizada en taller, de pino país, modelo con moldura recta; precerco de pino país de 60x35 mm; galces de MDF rechapado de pino país de 60x20 mm; tapajuntas de MDF rechapado de pino país de 70x10 mm.

2.12. Ventanas

Las ventanas que se colocarán en la nave industrial son ventanas de carpintería de aluminio. Estas se diseñan siguiendo los criterios de sectorización referente a la protección contra incendios de la industrial.

- En la sala de reuniones se utilizan ventanas de carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de fijo, serie básica, formada por una hoja, y con premarco. Formando dos ventanas de 1,5 x 2 m más otra de 1x2 m conjuntas dando a la vista la zona de descarga, y en la otra pared dos ventanas conjuntas de 1,5 x 2 m.
- En la zona de oficinas y en el pasillo de la planta superior tenemos 4 ventanas correderas de 1x2 m de dimensiones con carpintería de aluminio lacado color blanco.
- En cada fachada lateral tendremos dos ventanas fijas de 1x2 m y en la zona de almacenamiento y en la fachada trasera sumarán un total de 7 ventanas fijas de 1x1 m.

2.13. Normativa vigente

- RSCIEI. Reglamento de Seguridad Contra incendios en los Establecimientos Industriales, por el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

- ENV 1993-1-2: 1995. Eurocódigo 3: Diseño de estructuras de acero. Parte 1-2: Resistencia al fuego.

- EHE-08. Instrucción de Hormigón Estructural.

- CTE-DB-SI: Seguridad en caso de incendio (Febrero de 2010).

- CTE-DB-SE-A: Seguridad estructural acero, texto modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008).

- CTE-DB SE-AE: Seguridad. Acciones en la edificación.

- CTE-DB SE-SEC: Seguridad estructural. Cimientos.

- CTE-DB SE-SE: Seguridad estructural.

- Decisión 2000/367/CE de la Comisión, de 3 de mayo de 2000, modificada por la Decisión 2003/629/CE de la Comisión.

- NCSE-02. Norma de construcción sismorresistente: Parte general y de edificación.

- UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación. Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego.

- UNE-EN 10025-1, 2, 3, 4, 5:2006. Productos laminados en caliente de aceros para estructuras.

- NBECPI/96.

- EFHE: Instrucción de forjados de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

- Real Decreto 312/2005 (BOE de 2 de abril de 2005) modificado por el Real Decreto 110/2008 (BOE de 12 de febrero de 2008). Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.